



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA
COMUNIDAD DE BUENA VISTA, SUB ZONA SANTA CRUZ,
DEPARTAMENTO DE ESTELÍ**

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Ana Marcela Fernández Guillén

Br. Angie Joheliza Blandón Hudiel

Br. Fernanda Marcela Álvarez Rodríguez.

Tutor

Ing. Noé Salatiel Hernández Durán

Asesor

Ing. Juan Leonardo Chow Zúniga

Managua, noviembre 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA Y MEDIO AMBIENTE



Managua, 24 de septiembre de 2019

Dr. Oscar Gutiérrez Somarriba

Decano FTC

Su despacho.

Estimado Dr. Gutiérrez.

Reciba un cordial saludo de mi parte, al mismo tiempo le doy a conocer que he revisado el trabajo monográfico titulado **"Diseño de sistema de abastecimiento de agua potable en la comunidad de Buena Vista, Sub zona Santa Cruz, departamento de Estelí"**, realizado por las bachilleres: Ana Marcela Fernández Guillén, Angie Joheliza Blandón Hudiel y Fernanda Marcela Álvarez Rodríguez, para optar al título de Ingeniero Civil.

Este trabajo de monografía fue realizado de forma independiente por los sustentantes y cumple con todos los requisitos para ser presentada y defendida ante el jurado que usted designe.

Sin más a que hacer referencia se despide de usted.

Atentamente.

Ing. Noé Hernández Durán
TUTOR

DEC-FTC-REF-No.061
Managua, Marzo 26 del 2019

Bachilleres

ANA MARCELA FERNÁNDEZ GUILLÉN
ANGIE JOHELIZA BLANDÓN HUDIEL
FERNANDA MARCELA ÁLVAREZ RODRÍGUEZ

Su atención

Estimados (as) Bachilleres:

Es de mi agrado informarles que el PROTOCOLO de su Tema **MONOGRAFICO**, titulado **"DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA COMUNIDAD DE BUENA VISTA, SUB ZONA SANTA CRUZ, DEPARTAMENTO DE ESTELÍ"**. Ha sido aprobado por esta Decanatura.

Asimismo les comunico estar totalmente de acuerdo, que el (la) **Ing. Noé Salatiel Hernández Durán**, sea el (la) tutor (a) de su trabajo final.

La fecha límite, para que presenten concluido su documento, debidamente revisado por el tutor guía será el **26 de Septiembre del 2019**.

Esperando puntualidad en la entrega de la Tesis, me despido.

Atentamente,



Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba
Decano

CC: Protocolo

Tutor – Ing. Noé Salatiel Hernández Durán

Archivo*Consecutivo

Tabla de contenido

| | | |
|--------|--|----|
| I. | GENERALIDADES | 1 |
| 1.1. | Introducción | 1 |
| 1.2. | Antecedentes | 2 |
| 1.3. | Justificación | 3 |
| 1.4. | Objetivos | 4 |
| 1.4.1. | Objetivo general | 4 |
| 1.4.2. | Objetivos específicos | 4 |
| 1.5. | Descripción del área de estudio | 5 |
| II. | MARCO TEÓRICO | 6 |
| 2.1. | Estudio hidrogeológico | 6 |
| 2.1.1. | Agua subterránea | 6 |
| 2.1.2. | Pozos | 7 |
| 2.2. | Estudio poblacional | 8 |
| 2.3. | Estudio topográfico | 8 |
| 2.4. | Componentes del sistema MABE | 10 |
| 2.4.1. | Fuente pozo perforado | 10 |
| 2.4.2. | Tratamiento y desinfección del agua | 10 |
| 2.4.3. | Hidráulica de la estación de bombeo de bombas sumergibles .. | 11 |
| 2.4.4. | Líneas de conducción | 12 |
| 2.4.5. | Tanque de almacenamiento | 13 |
| 2.4.6. | Red de distribución | 14 |
| 2.5. | Presupuesto | 14 |
| III. | DISEÑO METODOLÓGICO | 16 |
| 3.1. | Estudio hidrogeológico | 16 |

| | | |
|--------|------------------------------------|----|
| 3.2. | Estudio poblacional | 18 |
| 3.3. | Estudio topográfico | 18 |
| 3.4. | Componentes del sistema MABE | 19 |
| 3.4.1. | Caudal de diseño | 19 |
| 3.4.2. | Estación de bombeo | 22 |
| 3.4.3. | Línea de conducción..... | 25 |
| 3.4.4. | Desinfección | 29 |
| 3.4.5. | Tanque de almacenamiento..... | 30 |
| 3.4.6. | Red de distribución | 31 |
| 3.4.7. | Acometidas domiciliarias | 32 |
| 3.5. | Presupuesto del proyecto..... | 32 |
| IV. | RESULTADOS | 33 |
| 4.1. | Estudio hidrogeológico | 33 |
| 4.2. | Estudio poblacional | 35 |
| 4.2.1. | Población | 35 |
| 4.2.2. | Economía familiar | 36 |
| 4.2.3. | Acceso al agua | 40 |
| 4.2.4. | Servicios sanitarios | 42 |
| 4.3. | Estudio topográfico | 43 |
| 4.4. | Componentes del sistema MABE | 44 |
| 4.4.1. | Población de diseño..... | 44 |
| 4.4.2. | Caudal de diseño | 45 |
| 4.4.3. | Estación de bombeo | 49 |
| 4.4.4. | Línea de conducción..... | 50 |
| 4.4.5. | Desinfección | 55 |
| 4.4.6. | Diseño del tanque | 55 |

| | | |
|--------|--------------------------------------|----|
| 4.4.7. | Diseño de la red..... | 58 |
| 4.4.8. | Tomas domiciliarias | 58 |
| 4.5. | Presupuesto del proyecto..... | 65 |
| V. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 66 |
| 5.1. | Conclusiones | 66 |
| 5.2. | Recomendaciones | 67 |
| | BIBLIOGRAFÍA | 68 |

Índice de tablas

| | | |
|-----------|---|----|
| Tabla 1: | Diámetro de columna de bombeo..... | 23 |
| Tabla 2: | Prueba de bombeo | 33 |
| Tabla 3: | Población de la comunidad de Buena Vista en el año 2005 | 44 |
| Tabla 4: | Población de la comunidad de Buena Vista en el año 2019 | 44 |
| Tabla 5: | Consumos proyectados | 47 |
| Tabla 6: | Consumo máximo diario y consumo máximo horario proyectados . | 49 |
| Tabla 7: | Pérdidas locales en accesorios de la sarta. | 51 |
| Tabla 8: | Especificaciones del tanque | 57 |
| Tabla 9: | Presión en la red sin consumo..... | 61 |
| Tabla 10: | Presión en la red con consumo máximo | 62 |
| Tabla 11: | Longitud, velocidad y diámetro en las tuberías | 63 |
| Tabla 12: | Caudales nodales | 64 |
| Tabla 13: | Resumen de presupuesto..... | 65 |

Índice de gráficos

| | |
|--|----|
| Gráfico 1: Censo poblacional | 36 |
| Gráfico 2: Economía familiar | 36 |
| Gráfico 3: Ingreso por remuneración de trabajo | 37 |
| Gráfico 4: Posesión de Viviendas..... | 37 |
| Gráfico 5: Infraestructura de las viviendas..... | 38 |
| Gráfico 6: Tipo de piso de las viviendas | 38 |
| Gráfico 7: Techos de las viviendas..... | 39 |
| Gráfico 8: Tipo de actividad económica..... | 40 |
| Gráfico 9: Acceso a agua | 40 |
| Gráfico 10: Acarreo del agua..... | 41 |
| Gráfico 11: Calidad del agua | 41 |
| Gráfico 12: Sabor del agua..... | 42 |
| Gráfico 13: Manejo de charcas..... | 43 |
| Gráfico 14: Presiones en el sistema sin consumo | 58 |
| Gráfico 15: Presiones en el sistema con consumo máximo | 59 |
| Gráfico 16: Velocidades presentes en el sistema | 60 |

AGRADECIMIENTO

A DIOS, por guiar y permitir cada uno de nuestros pasos hasta la meta para lograr convertirnos en profesionales, por darnos fortaleza, motivación, empeño y sabiduría para alcanzar este importante logro de nuestras vidas.

A Nuestras Familias, por brindarnos su apoyo económico y moral para culminar con éxito esta etapa, por brindarnos educación y crear en nosotros el deseo de superación.

A nuestro tutor, Ing. Noé Hernández Durán, quien nos brindó su tiempo, su conocimiento y nos acompañó en este proceso.

A nuestro asesor, Ing. Juan Leonardo Chow, por su entera disposición al ayudarnos y guiarnos con su conocimiento.

A la Alcaldía Municipal de Estelí por brindarnos su apoyo y proveernos la información necesaria.

Y a todas las personas que de alguna u otra manera influyeron en la ejecución de este proyecto.

A todos, GRACIAS.

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado sabiduría y fortaleza para lograr esta gran meta.

A mi madre Rosa Erlinda Loaisiga, por darme el ejemplo más grande de lucha y superación. Por el apoyo que me brindó, por hacer que su orgullo hacia mí me impulsara llegar hasta el final.

A mis tíos Axel Urbina y Karen Rivera, por ser los pilares de mi vida, por su apoyo incondicional para lograr mis metas y los consejos que me brindaron para ser una mejor persona.

Y por supuesto, a toda mi familia por apoyarme en todo.

Fernanda Marcela Álvarez Rodríguez.

A Dios por haberme dado fortaleza, perseverancia, optimismo y sabiduría para poder culminar esta etapa de mi vida, por guiar cada uno de mis pasos y permitirme lograr mis objetivos.

A mis padres, por su amor, el apoyo incondicional, sus consejos, sus valores, por los ejemplos de perseverancia y constancia, por ser mi motivación para salir adelante y cumplir mis metas.

Angie Joheliza Blandón Hudiel

A Dios, por darme la sabiduría y fortaleza necesaria para concluir este trabajo monográfico en tiempo y forma, el cual me será de mucho beneficio en la vida.

A mis padres, Aura y Francisco, quienes con su amor, paciencia y sacrificios a lo largo de estos años me han ayudado a cumplir un sueño más y a enseñarme que no hay mayor riqueza en la vida del ser humano, que el conocimiento.

Ana Marcela Fernández Guillén

RESUMEN EJECUTIVO

Los temas abordados en el presente documento monográfico se refieren al diseño de Abastecimiento de Agua Potable para el área rural, en la comunidad Buena Vista, sub zona Santa Cruz, departamento de Estelí. En los que se retoman las características socioeconómicas y topográficas de la comunidad.

El censo y la encuesta son uno de los aspectos más fundamentales en el proyecto, para poder conocer la cantidad de habitantes y viviendas en la comunidad Buena Vista, con un periodo de diseño de 20 años.

El relieve de la comunidad es montañoso con una diferencia de nivel de 177.31m, y se alinea de norte a sur con aproximadamente 2 km de longitud.

La línea de conducción desde el punto más bajo en la cota 893.23msnm y el punto más alto en la cota 1070.31msnm, tiene una longitud de 1,600m, esta es de tubería PVC SDR 13.5 de 2" con el fin de soportar la sobrepresión causada por el golpe de ariete. Para la columna de bombeo con una longitud de 49.18m, se seleccionó tubería Hg de 2 pulgadas cédula 40. Y la sarta es de tubería HG con un diámetro de 2".

Debido a condiciones de relieve y topografía se optó por seleccionar una red abierta. Dicha red se diseñó con tubería PVC SDR 26, con diámetro de 1" y 1 ½ ". A causa de las altas presiones que se presentaron en la tubería, se construirán dos pilas rompe presión ubicada a 662.79m y 1188m, respectivamente, desde el tanque de almacenamiento. Se ubicaron 4 válvulas de limpieza en los puntos más bajos y 5 válvulas de aire en los puntos más altos de la red.

Se determinó el uso de un tanque de PVC, con una capacidad de 10,000 litros marca Rotoplas con paredes fabricadas de polietileno de alta densidad muy resistentes y ligeros, con dimensiones de 2.20m x 3.10m. Se instaló un sistema de desinfección de hipoclorito de sodio por goteo sobre el tanque.

El diseño hidráulico de la red se realizó en el software de análisis y modelación hidráulica EPANET bajo las condiciones de consumo máximo.

I. GENERALIDADES

1.1. Introducción

El agua es un recurso natural indispensable para la supervivencia y el desarrollo humano; el abastecimiento y condición del recurso determina directamente el tipo y calidad de vida de la población. En la actualidad la disponibilidad de agua potable es un indicador de desarrollo socioeconómico sostenible de una comunidad.

El diseño del sistema de Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE) realizado en la comunidad de Buena Vista, sub zona Santa Cruz, Departamento de Estelí con fuente de abastecimiento se basó en un pozo perforado, dotado de un tanque de almacenamiento y una red de distribución con acometidas domiciliarias, para beneficio de una población estimada de 260 habitantes.

Para dar respuestas a las demandas de adquisición de agua, la Alcaldía del municipio de Estelí en conjunto con los pobladores de la comunidad de Buena Vista, han trabajado en la gestión de dicho proyecto. Además, en coordinación con estudiantes del último año de ingeniería civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, se diseñó el sistema MABE, que lleva consigo los aspectos que son necesarios para complementar el proyecto del sistema de agua como son el levantamiento topográfico, diseño del sistema de agua potable de acuerdo a las normas del Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado (INAA), y el análisis de los parámetros de agua de dicha comunidad de modo que sea posible la ejecución del mismo.

1.2. Antecedentes

La falta de abastecimiento de agua potable que experimentan los habitantes de la comunidad de Buena Vista, sub zona Santa Cruz, departamento de Estelí, ha motivado a la realización de este proyecto, dado que actualmente los habitantes no tienen servicio de agua potable, por lo que se abastecen de pozos excavados de los que solo cuentan el 50% de la población (Lanuza, 2018).

Cabe mencionar que en el año 2016 se intentó realizar este proyecto en otro sitio de la comunidad, pero no se encontró la cantidad de agua necesaria para abastecer a toda la localidad.

De acuerdo a entrevista realizada al líder de la comunidad Sr. Julio César Lanuza, dicha comunidad se encuentra ubicada a 1,076 msnm por lo que su altura ocasiona que sea muy difícil encontrar agua a pocos metros de profundidad, de tal manera que, a la fecha, no cuentan con el servicio del vital líquido. Ante el problema mencionado, alrededor de la mitad de los pobladores se abastecen de pozos artesanales, lo que les da la oportunidad de tener acceso al agua en época de invierno ya que en época de verano dichos pozos se secan y los pobladores se ven en la necesidad de recorrer aproximadamente 500 metros diario, hasta donde está ubicado un ojo de agua, del cual recolectan el líquido que luego utilizan para las necesidades del hogar, la cual no es tratada de ninguna manera, lo que provoca enfermedades en los habitantes (Lanuza, 2018).

1.3. Justificación

En el municipio de Estelí, gran parte de las comunidades rurales no tienen acceso a agua potable, ya que se cuenta con un escaso número de pozos comunitarios y, con frecuencia, alejados de las viviendas. La falta de acceso a estos pozos provoca que la población se abastezca de los ríos, provocando graves enfermedades gastrointestinales y de la piel, sobre todo entre la población infantil.

En el caso particular de la comunidad de Buena Vista, no cuentan con ningún servicio de agua potable y solamente el 50% de la población se abastece de pozos artesanales los cuales ya cumplieron con su vida útil, por consiguiente, no se encuentran en buenas condiciones físicas, químicas y biológicas.

Considerando la problemática antes mencionada, se propone realizar un proyecto de mini acueducto por bombeo eléctrico (MABE), siendo una ventaja que la comunidad cuenta con el servicio de energía eléctrica y beneficiando a una cantidad considerable de individuos.

Con el proyecto se beneficiarán 260 habitantes, a quienes se les proporcionará agua de calidad, acción que reducirá la propagación de las enfermedades, también se contribuirá con el progreso y desarrollo socio-económico de la comunidad al satisfacer una de las más importantes necesidades.

Además, de aportar con el objetivo 6 del desarrollo sostenible que es garantizar la disponibilidad de agua y el saneamiento para todos, con el fin de garantizar el acceso universal al agua potable segura y asequible para todos en 2030.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Diseñar un sistema de abastecimiento de Agua potable en la comunidad Buena Vista, sub zona Santa Cruz del municipio de Estelí, Departamento de Estelí.

1.4.2. Objetivos específicos

- 1- Elaborar un estudio hidro-geológico mediante excavaciones en el área de estudio, que permitan el conocimiento de la disponibilidad del acuífero.
- 2- Efectuar el estudio socioeconómico por medio de encuestas para la determinación de los niveles de servicio de agua y saneamiento.
- 3- Realizar la verificación planimétrica y altimétrica mediante un levantamiento topográfico de la zona.
- 4- Dimensionar los componentes del sistema MABE mediante un análisis hidráulico y tomando en consideración los criterios de diseño de la NTON 001-99.
- 5- Estimar los costos totales de la obra con el fin de incluirlo al plan de inversión municipal.

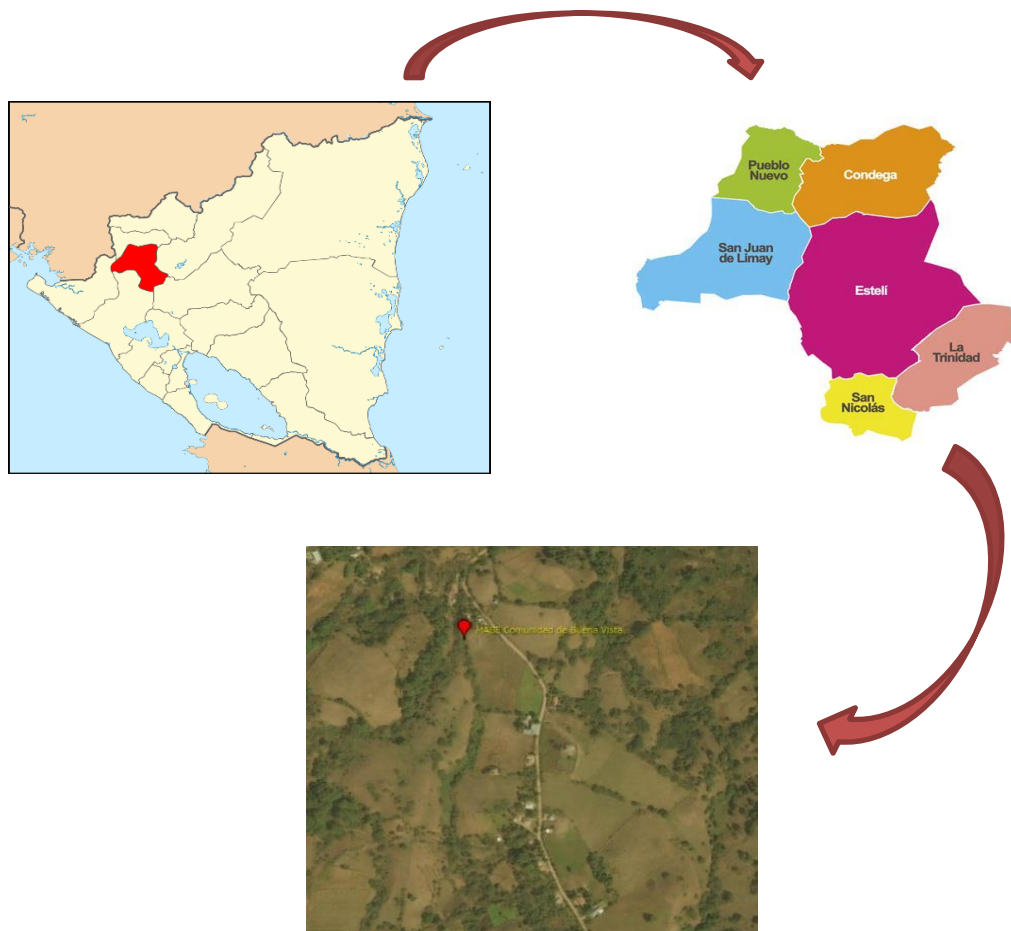
1.5. Descripción del área de estudio

La comunidad de Buena Vista con una población de 260 habitantes, se encuentra en el municipio de Estelí, departamento del mismo nombre, ubicada a 16 km de la cabecera departamental de Estelí con las coordenadas 12°59'30.46" latitud norte y 86°18'44.79" longitud oeste.

La zona presenta un clima de trópico seco, con una precipitación media anual de 924 mm y una temperatura promedio anual de 23.6°C.

La economía de la comunidad se basa en la ganadería extensiva y una agricultura de secano principalmente de granos básicos. Los resultados de la producción agropecuaria dependen de la calidad de la estación lluviosa.

Figura 1: macro y micro localización del proyecto



Fuente: Elaboración propia

II. MARCO TEÓRICO

Según indica el manual de diseño Abastecimiento de Agua Potable INAA (1999a), en la zona rural se requiere de una serie de normas y criterios que no necesariamente deben ser las normas del sector urbano, debido a que existen diferencias en ambos medios, considerando dentro de esas diferencias los factores culturales, económicos y sociales.

El manual de diseño de alcantarillado sanitario INAA (2006) expresa lo siguiente con relación a los estudios necesarios para un proyecto de agua y saneamiento:

2.1. Estudio hidrogeológico

La referencia conceptual de este acápite, incluirá conceptos de agua subterránea, acuíferos y pozos, estos últimos como obras necesarias para el aprovechamiento de aguas subterráneas.

2.1.1. Agua subterránea

Según Ordoñez Gálvez (2011), el agua subterránea es aquella parte del agua existente bajo la superficie terrestre que puede ser colectada mediante perforaciones, túneles o galerías de drenaje o la que fluye naturalmente hacia la superficie a través de manantiales o filtraciones a los cursos fluviales.

Los acuíferos pueden clasificarse según su relación con la presión atmosférica como: acuíferos libres, que son aquellos en los que el nivel de agua se encuentra por debajo del techo de la formación permeable. Liberan agua por de saturación, es decir, el agua que ceden es la procedente del drenaje de sus poros. También existen acuíferos confinados los cuales están cubiertos por una capa impermeable confinante. El nivel de agua en los acuíferos cautivos está por encima del techo de la formación acuífera. Finalmente están los acuíferos semiconfinados que son un caso particular de los acuíferos cautivos, en los que muro, techo o ambos no son totalmente impermeables, sino que permiten una circulación vertical del agua.

Agrega que, las aguas subterráneas pueden utilizarse en agua potable con pequeñas inversiones si éstas se comparan con la potabilización necesaria cuando las aguas

son superficiales, además, las captaciones (pozos) pueden ubicarse muy próximas al usuario y no se requiere de tratamiento especial para la potabilización.

Así también cuentan con parámetros hidrogeológicos los cuales son: permeabilidad o conductividad hidráulica, la transmisividad y el coeficiente de almacenamiento del acuífero. La permeabilidad es el caudal de agua que circula por una sección de acuífero con altura de la unidad, anchura de la unidad, bajo un gradiente hidráulico unitario.

La transmisibilidad o transmisividad hidráulica de un acuífero es el caudal de agua subterránea que circula por una sección de acuífero de altura el espesor saturado y anchura la unidad cuando el gradiente hidráulico es la unidad. Y por último el coeficiente de almacenamiento que es el volumen de agua que es capaz de liberar un prisma de acuífero de base unitaria y altura la del espesor saturado, cuando el potencial hidráulico varía la unidad. Es un parámetro adimensional. El coeficiente de almacenamiento en un acuífero cautivo (se suele denominar también coeficiente de almacenamiento elástico). (Villarroya, 2009).

2.1.2. Pozos

El propósito de este tipo de obras es la búsqueda de reservas subterráneas en el nivel freático, estos se hacen mediante la excavación de un agujero cilíndrico o túnel vertical que perfora la tierra hasta alcanzar el lecho permeable del acuífero. Se suele tomar la precaución de asegurar sus paredes con ladrillo, piedra, cemento o madera, para evitar su deterioro y derrumbe (Ordoñez Gálvez, 2011).

Se pueden encontrar según su forma de construir dos tipos de pozos que son los pozos excavados y los pozos perforados. Los primeros pueden ser de brocales de gran diámetro (0.8 a 1.2 m en el caso general) con paredes de ladrillos donde el terreno es deleznable y paredes desnudas si la roca es autoportante. Además, poseen un brocal, que es la parte saliente de la obra con una altura de 1 m que sirve para cubrir herméticamente el pozo. Mientras que el segundo tipo de pozo incluye los pozos artesianos que son perforaciones de pequeño diámetro (3 a 10 pulgadas) realizadas con máquinas perforadoras. La mayoría tiene 4 y 6 pulgadas. Se recubren interiormente con tubos de PVC o hierro sin costura. El sello sanitario es la parte

imprescindible de toda perforación. Se constituye de hormigón y debe evitar el ingreso de aguas superficiales a la perforación (Gancio, 2015).

2.2. Estudio poblacional

Predecir la población para un número de años, es esencial para determinar la demanda por servicio en un intervalo de tiempo, lo que, a su vez, es necesario para el diseño de obras como las que sirven para abastecer de agua potable o el manejo de aguas residuales.

De acuerdo con la norma rural para el diseño de abastecimiento de agua potable, INAA (1999a), para estimar la población futura se usará el método geométrico, el cual se describe a continuación.

Tasa de crecimiento geométrico

Este método es más aplicable a ciudades que no han alcanzado su desarrollo y que se mantienen creciendo a una tasa fija, además de ser el más usado en Nicaragua. Se recomienda usar las siguientes tasas en base al crecimiento histórico: tasas mínimas de 2.5% y máxima de 4% (INAA, 2006).

2.3. Estudio topográfico

Un levantamiento topográfico consiste en describir un terreno desde el punto de vista topográfico. A través de la utilización de instrumental especializado, el topógrafo realiza una inspección de la superficie del terreno y procede a la toma de datos, generalmente con un teodolito o estación total. Con los datos obtenidos en el levantamiento topográfico se realizan mapas o planos específicos de un lugar, describiendo particularmente las características del terreno, como los relieves o diferencias de altura que pueda haber (Gómez, 2018).

El procedimiento a seguir en los levantamientos topográficos comprende dos etapas fundamentales:

- El trabajo de campo, que es la recopilación de los datos, el que consiste en medir ángulos horizontales y/o verticales y distancias horizontales o verticales.

- El trabajo de gabinete, que consiste en el cálculo de las posiciones de los puntos medidos y el dibujo de los mismos sobre un plano.

En la norma técnica del 2006, INAA orienta que el proyectista deberá utilizar como punto de partida de cualquier levantamiento topográfico, la Red Geodésica Nacional, tanto en el levantamiento planimétrico como altimétrico y deberá cumplir con las recomendaciones que al respecto indique el INETER. El levantamiento topográfico se deberá amarrar a la Red Geodésica Nacional de por lo menos dos puntos o mojones aprobados por INETER, presentándose los resultados en coordenadas UTM.

Los levantamientos topográficos para realizar el diseño correspondiente deberán cumplir con los requisitos de precisión, cierre y metodología que se indican a continuación:

- El levantamiento altimétrico deberá referenciarse obligadamente a un BM Geodésico. Se harán estacionamientos no mayores de 20 m y se tomarán todos los accidentes que se presenten entre estos estacionamientos, tales como cauces, depresiones, cunetas, alcantarillas y otras tuberías existentes, etc.
- Se deberá conformar al menos una poligonal cerrada de manera que se logre comprobar el cierre.
- La precisión lineal no deberá ser menor de 1/3000. En el caso de poligonales cerradas el error angular E_a deberá ser igual o menor de $n^{1/2}$ siendo n el número de ángulos del polígono y E_a expresado en segundos sexagesimales.
- En lugares convenientemente ubicados, se colocarán mojones que permitan el replanteo del polígono, éstos deberán colocarse antes del inicio de las mediciones y no se permitirá su colocación posterior al levantamiento. Los mojones consistirán en un cilindro de concreto simple de 0.10 m de diámetro y 0.80 m de largo con una varilla de acero de $\frac{3}{4}$ " en el centro, sobre saliendo de la superficie del suelo 0.05 m.
- El error de cierre en nivelación E_n deberá ser igual o menor que $30(L)^{1/2}$ siendo L la longitud nivelada en km. y E_n expresado en mm.
- Las curvas de nivel tendrán un intervalo de 0.50 m a 1.00 m y en terreno accidentado el intervalo será mayor.

- A los predios para estaciones de bombeo, planta de tratamiento, entre otros, se les deberá efectuar, además de los levantamientos topográficos requeridos, una descripción detallada de los mismos.

2.4. Componentes del sistema MABE

Un MABE, se compone de los siguientes elementos: fuente de abastecimiento que generalmente es un pozo perforado, estación de bombeo, línea de conducción, tanque y red de distribución (Lopez Madriz & Reyes Linares, 2016).

2.4.1. Fuente pozo perforado

El ente regulador INAA (2006) establece que los criterios de aceptación de un pozo perforado son los siguientes:

- El caudal de explotación será obtenido a través de una prueba de bombeo de un mínimo de 24 horas a caudal constante y de una prueba a caudal variable con mínimo de cuatro etapas de una hora cada una. La recomendación del caudal máximo de explotación se hará de acuerdo al análisis de la prueba.
- El caudal de explotación de bombeo estará en función de un período de bombeo mínimo de 12 horas y un máximo de 16 horas.
- El caudal máximo recomendado de la explotación de un pozo deberá ser igual o superior a 1.5 del consumo día promedio ($CMD = 1.5CPD$).
- Disposición de la comarca para operar y mantener el sistema.

2.4.2. Tratamiento y desinfección del agua

De acuerdo con INAA (1999a), el suministro de agua potable para el sector rural procedente de fuentes superficiales, ya sean pequeños ríos o quebradas, o afloramientos de agua subterráneas, pueden presentar características fisicoquímicas y bacteriológicas no aptas para el consumo humano, esto implica que se requiere de una serie de procesos unitarios con el objeto de corregir su calidad y convertirla en agua potable acorde con las normas establecidas.

Con el propósito de convertir el agua cruda en agua para consumo humano pueden realizarse tres procesos: pretratamiento, tratamiento por filtración lenta y desinfección.

El pretratamiento generalmente consiste en mejorar la turbidez a valores aceptados por la norma lo que se logra mediante captación indirecta, y la prefiltración en lechos granulares, los cuales se pueden combinar. Así mismo, se puede realizar una filtración lenta, que consiste en hacer pasar el agua por un lecho de arena en forma descendente o ascendente y a muy baja velocidad. Por otra parte, existen varias sustancias químicas que se emplean para desinfectar el agua, siendo el cloro el más usado, dado a sus propiedades oxidantes y su efecto residual para eliminar contaminaciones posteriores; también es la sustancia química más económica y se puede aplicar con mejor control y seguridad para obtener su desinfección.

2.4.3. Hidráulica de la estación de bombeo de bombas sumergibles

De acuerdo con Lopez Madriz & Reyes Linares (2016), se tiene que considerar como norma emplear un factor de 1.15 para calcular los HP del motor en base a los HP de la bomba, debido a las pérdidas mecánicas. Las velocidades de operación de los motores eléctricos varían de acuerdo a la capacidad o caudal del equipo de bombeo.

Velocidades en las tuberías

Las velocidades en la descarga deberán estar en un rango entre 0.4 y 2 m/s, a partir de las cuales se estima basada en la ecuación de continuidad el diámetro teórico de la tubería.

Altura manométrica total

La altura dinámica puede ser definida como el incremento total de la carga del flujo a través de la bomba. Es la suma la carga de impulsión más las pérdidas de energía (OPS-COSUDE, 2005).

Pérdidas en la columna

Según INAA (1999b), establece que las pérdidas por fricción en la columna de bombeo se consideran igual al 5% de su longitud. Se recomienda que la sumergencia de la bomba esté comprendida en un rango de 6m.

Selección del equipo de bombeo

Lopez Madriz & Reyes Linares (2016) extiende que, conociendo la altura a vencer por la bomba (H_b) y el caudal que debe suministrar la misma (Q), se selecciona de entre los equipos de bombeo ofrecidos por catálogo aquel modelo que presente una curva característica que trabaje en un rango de altura y caudal lo más parecido posible a los valores calculados.

2.4.4. Líneas de conducción

La línea de conducción es el conjunto de ductos, obras de arte y accesorios destinados a transportar el agua procedente de la fuente de abastecimiento, desde la captación hasta la comunidad, formando el enlace entre la obra de captación y la red de distribución. Su capacidad deberá ser suficiente para transportar el gasto de máximo día. Se le deberá proveer de los accesorios y obras de arte necesarios para su buen funcionamiento, conforme a las presiones de trabajo especificadas para las tuberías, tomándose en consideración la protección y mantenimiento de las mismas. Se recomienda la instalación de válvulas de “aire y vacío” en las cimas, así como válvulas de “limpieza” en los puntos bajos (INAA, 1999a).

Diámetro económico

El ente regulador INAA (1999b), establece que para la determinación del mejor diámetro, deberá elaborarse el análisis económico correspondiente, tomando en cuenta los costos anuales del consumo de energía, costo de las tuberías y los costos totales de operación y mantenimiento a través del tiempo. La alternativa que presente los menores costos fijará el diámetro más económico.

Golpe de ariete

AMANCO (2005), expresa que, en sentido general, los cambios súbitos de presión, o golpes de ariete, son producidos por variaciones en la presión hidrostática de la tubería. Las causas más frecuentes de los golpes de ariete según son:

- Apertura y cierre rápido de válvulas
- Arranque y parada de una bomba
- Acumulación y movimiento de bolsa de aire dentro de las tuberías

La columna de líquido que se mueve dentro de la tubería posee cierta inercia, proporcional a su peso y a su velocidad. Cuando el flujo se detiene repentinamente, la inercia se convierte en un incremento de presión. La sobrepresión generada por el golpe de ariete está relacionada con la máxima razón de cambio del flujo; mientras que la razón de movimiento de la onda de presión está relacionada con la velocidad del sonido dentro de un fluido modificada para el material de la tubería.

2.4.5. Tanque de almacenamiento

Según indica la norma rural INAA (1999a), los depósitos tienen como objetivos: suplir la cantidad necesaria para compensar las máximas demandas que se presenten durante su vida útil, brindar presiones adecuadas en la red de distribución y disponer de reserva ante eventualidades e interrupciones en el suministro de agua o periodos de no bombeo que se plantea en el reglamento nacional. Los tanques de almacenamiento deberán estar localizados en zonas próximas al poblado y tomándose en cuenta la topografía del terreno.

Capacidad del tanque

La capacidad del tanque de almacenamiento deberá de satisfacer las condiciones siguientes:

- Volumen Compensador: El volumen necesario para compensar las variaciones horarias del consumo, se estimará en 15% del consumo promedio diario.
- Volumen de reserva: El volumen de reserva para atender eventualidades en caso de emergencia, reparaciones en línea de conducción u obras de captación, se estimará igual al 20 % del consumo promedio diario. De tal manera que la capacidad del tanque de almacenamiento se estimará igual al 35% del consumo promedio diario.

Clases de tanques

Las clases de tanque de acuerdo a los materiales de construcción se clasifican en:

- Mampostería: Se recomienda construir tanque de este material en aquellas localidades donde se disponga de piedra bolón o piedra cantera. No deberá tener altura mayor de 2.5 metros.

- Hormigón armado: En la construcción de tanque con este material se debe de considerar la permeabilidad del terreno y no deberá tener alturas mayores de 3.0 metros.
- Acero: Se propone construir tanque de acero cuando en la localidad no se disponga de materiales locales como en los casos anteriores y por razones de requerimiento de presiones de servicios.

2.4.6. Red de distribución

Según INAA (1999a), es el sistema de conductos cerrados, que permite distribuir el agua bajo presión a los diversos puntos de consumo, que pueden ser conexiones domiciliarias o puestos públicos.

Caudales nodales

Estos serán determinados por lotes debido al desorden de las viviendas que predominan en la comunidad.

Análisis hidráulico

Para el caso de red cerrada las NTON 09-001-99 recomiendan la aplicación del método de pruebas y errores controlados de Hardy Cross, aplicando la fórmula de Hazen-Williams para la pérdida de carga (Lopez Madriz & Reyes Linares, 2016).

2.5. Presupuesto

Según la revista El Oficial (2018), el presupuesto de obra determina de antemano un pronóstico de los valores que puede tener un proyecto que origina la construcción, remodelación, reparación, conservación o demolición de bienes inmuebles.

De acuerdo a Carreño (2012), para la elaboración de un presupuesto se requiere determinar todos los conceptos que intervienen en una obra. Se realiza con base en los planos y en las especificaciones técnicas de un proyecto, además de otras condiciones de ejecución, se elaboran los cómputos de los trabajos a ejecutar, se hacen los análisis de precios unitarios de los diversos ítems y se establecen los valores parciales de los capítulos en que se agrupan y así obtener el valor total de la obra. Los pasos a seguir son:

Listado de precios básicos: El presupuesto debe incluir la lista de precios básicos de materiales, equipos y salarios utilizados.

Análisis unitarios: Incluye indicaciones de cantidades y costos de materiales, transportes, desperdicios, rendimientos, costo de mano de obra, etc.

Presupuesto por capítulos: Los costos de obra se presentan divididos por capítulos de acuerdo con el sistema de construcción, contratación, programación, etc.

Componentes del presupuesto: Se presentan los componentes divididos así: materiales, mano de obra, subcontratos, equipos y gastos generales. Finalmente, en: costos directos y costos indirectos.

Fecha del presupuesto: Se debe indicar la fecha en la que se hace el estimativo, en caso de haber proyecciones de costos en el tiempo, se deben indicar.

III. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Estudio hidrogeológico

En esta actividad se realizó un recorrido en el perímetro físico de la microcuenca basados en la foto interpretación de una imagen SASPLANET y un mapa topográfico generado por un modelo de elevación digital. En el recorrido se georreferenció con un receptor GPS Garmin modelo GPSMAP 62s, las redes de drenaje y sitios que de acuerdo a la geomorfología y rocas del terreno puedan indicar la existencia de un acuífero.

A nivel de gabinete se realizaron mapas temáticos que incluyen ubicación de la comunidad y perímetro de la microcuenca, así como sitios de interés georreferenciados en la gira de campo, mapas topográficos, mapas de límites de la microcuenca y red de drenaje, mapa de uso del suelo utilizando el software Global Mapper.

Abatimiento

Se calculó el abatimiento con los resultados de la prueba de bombeo realizada en 16 horas, la cual incluye el caudal de explotación y el descenso. Tomando en cuenta el consumo específico.

$$CE = \frac{Q_{Exp}}{D} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde:

CE: Consumo Específico

Q_{Exp} : Caudal de explotación según la prueba de bombeo

D: Descenso según la prueba de bombeo

$$Abatimiento = \frac{Q_{diseño}}{CE}$$

Ecuación (2)

Donde:

$Q_{diseño}$: Caudal de diseño (Gpm)

CE: Consumo Específico

Transmisividad y permeabilidad hidráulica

Se realizó un bombeo de ensayo por el método de Theis (acuífero confinado), para medir sus parámetros hidrogeológicos, se realizaron los cálculos para conocer la permeabilidad o conductividad hidráulica del acuífero y la transmisividad.

Transmisividad

Ecuación de Theis

$$T = \frac{Q}{4\pi s} W(u)$$

Ecuación (3)

Donde:

T: Transmisividad ($m^2/día$)

Q: Caudal ($m^3/día$)

S: Descenso (m)

W(u): Punto de ajuste

Para el cálculo de la permeabilidad se utilizó la siguiente ecuación:

$$K = \frac{T}{P}$$

Ecuación (4)

Donde:

K: Permeabilidad (m/día)

T: Transmisividad ($m^2/día$)

P: Profundidad del pozo (m)

3.2. Estudio poblacional

El muestreo para el diseño del sistema de agua potable, constituye uno de los aspectos más fundamentales en todo proyecto. Para esto es necesario plantear un estimado de cuantas personas hay en la comunidad, por lo que se realizó un censo para poder conocer la cantidad de habitantes y viviendas en dicha comunidad.

El estudio poblacional se basó en la realización del censo poblacional y de una encuesta (**Anexo 1**), la cual indagó sobre las principales características de la población y los servicios con los que esta cuenta, especialmente de agua potable. Los resultados de la encuesta se procesaron con una hoja de cálculo obteniendo los principales parámetros estadísticos descriptivos de la población y la demanda por servicio.

3.3. Estudio topográfico

El estudio topográfico se realizó en dos fases: una de campo y una de gabinete. En la fase de campo se realizó el levantamiento de los datos sobre el terreno natural, utilizando una estación total Leica FlexLine TS06. El levantamiento se inició a partir de un BM geodésico o de un punto tomando con un GPS de precisión. En el último caso el punto se identificó con un cilindro de concreto simple de 0.10 m de diámetro y 0.80 m de largo con una varilla de acero de $\frac{3}{4}$ " en el centro, sobresaliendo de la superficie del suelo 0.05 m.

Se hizo estacionamientos a cada 20 m y se realizó el levantamiento de una poligonal cerrada, del eje de la línea de conducción y la red de distribución y perfiles longitudinales de cada uno. Los datos del levantamiento se tomaron en la libreta topográfica.

En la fase de gabinete se hizo la descarga de datos desde la estación total a formatos Excel, AutoCAD y Civil 3D, con el propósito de analizarlos y realizar los planos siguiendo las siguientes consideraciones:

- Las dimensiones de las láminas serán las siguientes: largo 0.90 m – ancho 0.60 m, dejándose un margen de 0.90 x 0.04 m en la parte inferior para colocar el rotulado e información que deberá llevar la lámina. En la parte superior se formará un marco

0.85 x 0.53 m donde se realizarán los dibujos. Las láminas deberán llevar dibujada la dirección Norte-Sur.

- Las escalas serán las siguientes:

Ubicación general, 1:5000

Planta general, 1:1000

Perfiles: Horizontal 1:1000 – Vertical 1:100 o bien Horizontal: 1:500 – Vertical: 1:50

Detalles: 1:10, 1:20, 1:50, 1:100.

3.4. Componentes del sistema MABE

3.4.1. Caudal de diseño

Para la determinación del caudal de diseño se hizo la proyección de la población tomando como base la población actual de la comunidad la cual se proyectó a 20 años. También se utilizaron las dotaciones, presentadas por la norma rural INAA (1999a) con lo cual se obtuvo la demanda.

A continuación, se presenta la fórmula del método geométrico recomendada para proyectar la población el área rural:

$$P_n = P_0(1 + r)^n \quad \text{Ecuación (5)}$$

Donde:

P_n : Población del año “n”

P_0 : Población al inicio del período de diseño

r: Tasa de crecimiento en el periodo de diseño expresado en notación decimal

n: Número de años que comprende el período de diseño

Se asumió una tasa de crecimiento según la norma NTON-09-003-99, en un rango de 2.5 y 4%. El valor definitivo se obtuvo de acuerdo a las tasas de crecimiento para el área rural del municipio de Estelí presentadas en el censo nacional 2005.

La dotación que se empleó para la estimación será de 60 lpd, el cual es el valor máximo presentado por la norma “Diseño de Abastecimiento de Agua en el Medio Rural y Saneamiento Básico Rural” de 1999.

Para determinar el consumo promedio diario (CPD), primero se calculó el consumo doméstico con la siguiente ecuación:

$$CD = P_f (Dotación) \quad \text{Ecuación (6)}$$

Donde:

CD: Consumo doméstico en lps

Pf: Población futura

Dotación: Según la norma 60 lpd

También, en cumplimiento de la norma INAA (1999b), se calculó el consumo comercial y el consumo institucional, se aplicó 7% al resultado de la ecuación 4.

$$Q_{ins} = CD \left(\frac{7}{100} \right) \quad \text{Ecuación (7)}$$

Donde:

Q_{ins}: Consumo institucional

CD: Consumo doméstico

$$Q_{com} = CD \left(\frac{7}{100} \right) \quad \text{Ecuación (8)}$$

Donde:

Q_{ins}: Consumo comercial

CD: Consumo doméstico

Para calcular el consumo promedio diario (CPD), se tomaron en cuenta las ecuaciones 6, 7 y 8 la siguiente ecuación:

$$CPD = CD + Q_{ins} + Q_{com} \quad \text{Ecuación (9)}$$

Se incluyó la pérdida en el sistema que según la norma 09-003-99 es el 20% del consumo promedio diario (CPD).

$$Q_{fugas} = CPD \left(\frac{20}{100} \right) \quad \text{Ecuación (10)}$$

Donde:

Q_{fugas} : Pérdidas en el sistema

CPD: Consumo promedio diario

20/100: Factor de pérdidas en el sistema

Además, para la estimación del caudal de diseño se consideraron las variaciones de consumo las cuales son: 1.5 para el consumo máximo diario (CMD) para línea de conducción y de 2.5 para el consumo máximo horario (CMH) para la red de distribución. A continuación, se presentan las fórmulas:

$$CMD = (1.5CPD) + Q_{fugas} \quad \text{Ecuación (11)}$$

Donde:

CMD: Consumo máximo día

CPD= Consumo promedio diario

Q_{Fugas} : Pérdidas en el sistema

$$CMH = (2.5CPD) + Q_{fugas}$$

Ecuación (12)

Donde:

CMH: Consumo máximo horario

CPD= Consumo promedio diario

Q_{Fugas}: Pérdidas en el sistema

Para el cálculo del caudal de bombeo se utilizó el consumo promedio diario (CPD) incluyendo el factor institucional y las pérdidas en el sistema, tomando en consideración, además, las horas de bombeo. A continuación, se presenta la fórmula:

$$Qb = (CMD) \frac{24}{N}$$

Ecuación (13)

Donde:

Q_b: Caudal de bombeo

CMD: Consumo máximo diario

N: Horas de bombeo según la norma (entre 12 y 16 horas)

3.4.2. Estación de bombeo

Dimensionamiento de la sarta

El diámetro de la tubería de la sarta depende del caudal de diseño correspondiente al consumo máximo hora. Para el dimensionamiento de la columna de bombeo se tomó en consideración la siguiente tabla:

Tabla 1: Diámetro de columna de bombeo.

| Diámetro de columna de bombeo | | Caudal de bombeo | |
|-------------------------------|-----|------------------|------|
| (Pulgada) | mm | Gpm | Lps |
| 3 | 75 | 50 | 3.15 |
| 4 | 100 | 100 | 630 |
| 6 | 150 | 600 | 37.8 |

Fuente: Norma de Abastecimiento de Agua en el Medio Rural (NTON 09-001-99)

Altura manométrica total

La altura dinámica puede ser definida como el incremento total de la carga del flujo a través de la bomba. Es la suma de la altura de la columna de bombeo más la carga de impulsión:

$$H_b = H_c + H_i \quad \text{Ecuación (14)}$$

Dónde:

H_b: Altura dinámica o altura de bombeo (m)

H_c: Altura de la columna de bombeo y pérdida en la succión (m)

H_i: Carga de impulsión (m)

Pérdidas en la columna

Las NTON 09-001-99, establecen que las pérdidas por fricción en la columna de bombeo se calculan mediante la ecuación de Hazen-Williams las cuales, deben ser menor al 5% de su longitud.

$$hf_{columna} < 5\%Lc$$

Ecuación (15)

Dónde:

hf: Pérdida de carga en la columna

Lc: Longitud de la columna

$$Lc = NB + Sumergencia$$

Ecuación (16)

Dónde:

NB: Nivel de bombeo.

Sumergencia: Estimado en 10 o 20 pies.

Potencia hidráulica de la bomba

El cálculo de la potencia de la bomba y del motor se realizó con la siguiente fórmula:

$$P_b = \frac{\gamma g H Q}{0.70 (746)}$$

Ecuación (17)

Donde:

P: Potencia de la bomba y del motor (hp)

γ: Peso específico del agua (kg/m³)

g: Gravedad

Q: Caudal de bombeo (m³/s)

H: Altura manométrica total o carga dinámica total (m).

Se consultó con el proveedor o fabricante, sobre las curvas características de la bomba y motor a seleccionar asegurando que sus capacidades y rendimientos reales coinciden con el punto de operación más eficiente.

La bomba seleccionada debe impulsar el volumen de agua para la altura dinámica deseada, con una eficiencia (η) mayor a 70%.

Energía

De acuerdo a la capacidad de los motores se recomienda el siguiente tipo de energía:

- Para motores de (3 a 5) HP usar 1/60/110
- Para motores mayores de 5 HP y menores de 50 HP se usará 3/60/220.
- Para motores mayores de 50 HP, usar 3/60/440

3.4.3. Línea de conducción

La línea de conducción y su diámetro se basó en el caudal de consumo máximo diario, se siguió el siguiente procedimiento:

- Para el cálculo hidráulico, las pérdidas por fricción se determinaron por el uso de la fórmula de Hazen-Williams
- Para determinar el mejor diámetro (más económico) se usó la fórmula de Bresse, con $K=0.9$ y $n=0.45$.

$$D = 0.9 Q^{0.45} \quad \text{Ecuación (18)}$$

Donde:

D: Diámetro (m)

Q: Caudal (m³/s)

- Se dimensionó para la condición de consumo máxima día al final del periodo de diseño, el cual se estima en 1.5 del consumo promedio (CMD=1.5 CD), más las pérdidas)
- El cálculo hidráulico para las pérdidas por fricción se determinó por la fórmula de Hazen-Williams.

$$\frac{H}{L} = S = \frac{10.549 Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.87}} \quad \text{Ecuación (19)}$$

Donde:

H: Pérdida de carga por fricción (m)

L: Longitud del tramo (m)

S: Gradiente hidráulico (m/m)

Q: Caudal (m³/s)

C: Coeficiente de Hazen-Williams (**Anexo 2**).

D: Diámetro (m)

- La tubería de descarga deberá ser seleccionada para resistir las presiones altas, y deberán ser protegidas contra el golpe de ariete instalando válvulas aliviadoras de presión en las vecindades de las descargas de las bombas.

La tubería de la sarta es de HG y el resto de la tubería de conducción es de PVC, a fin de que resista altas presiones. Se instaló en la sarta válvulas aliviadoras de presión, válvulas de aire, válvulas de compuerta, y manómetro.

Las pérdidas por fricción en la sarta se calcularon mediante la ecuación de Hazen-Williams (**Ecuación 18**) y las pérdidas locales según la ecuación siguiente:

$$hl = K \frac{V^2}{2g} \quad \text{Ecuación (20)}$$

Donde:

hl: Pérdidas locales en la sarta

K: Coeficientes de pérdidas de los accesorios (**Anexo 3**)

V: Velocidad de flujo

g: Gravedad

- Golpe de ariete

Para determinar el golpe de ariete primero se calculará la velocidad de la onda mediante la siguiente expresión:

$$a = \frac{1420}{\sqrt{1 + \left(\frac{K}{E}\right) (SDR - 2)}} \quad \text{Ecuación (21)}$$

Donde:

a: Velocidad de la onda (m/s)

K: Módulo de compresión del agua ($2.06 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$)

E: Módulo de elasticidad de la tubería ($2.81 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ para PVC)

SDR: Razón dimensional estándar

Se calculó el valor de c, para determinar el tiempo de parada con la ecuación de Mendiluce como se describe a continuación:

$$\frac{Hm}{L} \quad \text{Ecuación (22)}$$

$$T = c + \frac{(k)(L)(v)}{(g)(H_m)} \quad \text{Ecuación (23)}$$

Donde:

T: Tiempo de parada (s)

C y K: Coeficientes de ajuste empírico

L: Longitud de la línea (m)

V: Velocidad (m/s)

g: Gravedad (m²/s)

Hm: Altura manométrica (m)

Se calculó la longitud crítica con la ecuación siguiente:

$$L_c = \frac{a * T}{2} \quad \text{Ecuación (24)}$$

Donde:

Lc: Longitud crítica (m)

a: Velocidad de onda (m/s)

T: tiempo de parada (s)

Se determinó el tiempo de onda mediante la ecuación presentada a continuación:

$$t = \frac{2L}{a} \quad \text{Ecuación (25)}$$

Donde:

t: Tiempo de onda (s)

L: Longitud de la línea (m)

a: Aceleración (m/s)

Para determinar la sobrepresión se usó la siguiente ecuación:

$$\Delta H = \frac{a * v}{g} \quad \text{Ecuación (26)}$$

Donde:

ΔH : Sobrepresión por golpe de ariete (kg/cm²)

a: Velocidad de onda (m/s)

V: Cambio de velocidad del agua (m/s)

g: Aceleración por gravedad

3.4.4. Desinfección

Tratándose de un acueducto rural y agua proveniente de pozo, únicamente se hizo la desinfección usando hipoclorito de sodio. El hipoclorito se recomienda para abastecimiento de pequeñas poblaciones según la norma rural de INAA.

Se aplicó una dosis de 1 kg/d de hipoclorito para un caudal de 8.20 lps o una relación basada en la dosis anterior, considerando el caudal de diseño en la estación de bombeo.

Además, se calculará la capacidad requerida de la estación de cloración con la siguiente fórmula:

$$Ca = \frac{(Q)(C)}{1000} \quad \text{Ecuación (27)}$$

Donde:

Ca: Capacidad de diseño de la estación de cloración Kg. Cloro/día

Q: Caudal de agua, máximo horario m³ /día

C: Dosis de cloro a aplicar mg/L

3.4.5. Tanque de almacenamiento

La capacidad del tanque de almacenamiento consideró lo siguiente:

- El consumo promedio diario que incluye el factor institucional y las pérdidas en el sistema según metodología.
- Cálculo del volumen compensador según la siguiente ecuación:

$$Volumen\ compensador = CPD \left(\frac{15}{100} \right) \quad \text{Ecuación (28)}$$

Donde:

CPD: Consumo promedio diario (m³)

15/100: Porcentaje de compensación

- Cálculo del volumen de reserva que considerará las eventualidades en caso de emergencia, reparaciones en línea de conducción u obras de captación, se estimó el 20 % del consumo promedio diario, lo que considerando el 15% de reserva constituye un 35%. Se usó la siguiente fórmula:

$$Volumen\ de\ reserva = CPD \left(\frac{20}{100} \right) \quad \text{Ecuación (29)}$$

Donde:

CPD: Consumo promedio diario (m³)

20/100: Porcentaje de reserva.

Los tanques de almacenamiento se ubicaron en zonas próximas al poblado y tomando en cuenta la cota que brinde las presiones de servicios aceptables en los puntos de distribución, según los parámetros de la norma rural de INAA. El material del tanque será de mampostería y se usará en aquellas localidades donde se disponga de piedra bolón o piedra cantera. La altura del tanque es de 2.50 metros más el borde libre, el tanque está sobre el suelo.

Para la construcción del tanque se tendrán las siguientes consideraciones:

- Cuando la entrada y salida de agua es por medio de tuberías separadas, estas se ubicarán en los lados opuestos con la finalidad de permitir la circulación del agua.
- Debe considerarse un paso directo y el tanque conectado tipo puente (bypass), de tal manera que permita mantener el Servicio mientras se efectúe el lavado o reparación del tanque.
- La tubería de rebose descargará libremente sobre una plancha de concreto para evitar la erosión del suelo.
- Se instalarán válvulas de compuerta en todas las tuberías, limpieza, entrada y salida con excepción de la de rebose, y se recomienda que las válvulas y accesorios sean tipo brida.
- Se debe de considerar los demás accesorios como; escaleras, respiraderos, indicador de niveles y acceso con su tapadera.
- Se recomienda que los tanques tengan una altura máxima de 3.0 metros, con un borde libre de 0.50 metros y deberán estar cubiertos con una losa de concreto. En casos especiales se construirán tanques de acero sobre el suelo.

3.4.6. Red de distribución

Para el diseño de la red se hicieron las siguientes tareas:

- Se diseñó basado en el consumo de hora máxima al final del periodo de diseño, el cual resulta al aplicar el factor de 2.5 al consumo promedio diario ($CMH = 2.5CPD$, más las pérdidas) (Ecuación 11).
- El trazado de la red principal se realizó con AutoCAD y se basó en el mapa topográfico, teniendo en consideración la distribución de la población.
- Exportación de la red de AutoCAD a EpaCAD, así como exportación de EpaCAD a Epanet.
- Con el software Epanet se realizó la simulación teniendo en cuenta los caudales nodales, velocidad que oscilen entre 0.4 y 2 m/s, así como presiones que oscilen entre 5 y 50 m (INAA, 1999a; pp. 4-2)

- La concentración de caudales en los nodos se realizó considerando dividir el área de la comunidad en cuencas de abastecimiento en las cuales se repartirá el caudal de diseño proporcional al área de cada cuenca (INAA, 1999b; pp. 48)

3.4.7. Acometidas domiciliarias

Las acometidas se realizaron según la NTON 09-003-99, la cual establece que el diámetro mínimo de cada conexión será de ½ (12.5 mm) pulgada. Toda conexión domiciliar deberá estar siempre controlada por su medidor correspondiente o por un regulador de flujos.

3.5. Presupuesto del proyecto

Para la formulación del presupuesto se realizaron las siguientes tareas:

- Basado en los planos, se estimaron las cantidades de obra a realizar, organizando la misma por etapas de ejecución.
- Se obtuvo de la alcaldía municipal el catálogo de costos unitarios por actividades actualizados.
- Se incluyó en una hoja de cálculo los dos incisos anteriores para su respectivo procesamiento y cálculo de presupuesto por etapas y sub etapas de ejecución.
- Finalmente se realizó un documento detallado de todo el presupuesto, así como un resumen por etapas.

IV. RESULTADOS

4.1. Estudio hidrogeológico

La comunidad de Buena Vista está ubicada en la formación geológica que corresponde al grupo coyol del periodo terciario, en la provincia geomorfológica de la zona central, el cual se caracteriza principalmente por estar conformado por rocas basálticas y andesitas.

En la excavación del pozo se encontró andesita fracturada hasta los 50m, seguida de basalto fracturado a más de 80m (**Anexo 4**). Los mencionados materiales rocosos no forman acuíferos, por lo que el agua se acumula en la zona fisurada creando los conocidos manantiales de poco caudal de características estacionarias con un flujo máximo en periodo lluvioso y con un flujo mínimo en periodos secos, generalmente con valores que oscila entre 0.5 – 1 lps.

El pozo perforado que se realizó fue ubicado en la zona baja de una colina a 893.23msnm que es el punto más bajo de la comunidad.

El rendimiento del pozo fue de 1 lps, prueba que se realizó con un periodo de bombeo de 16 horas como lo establece la NTON 09-003-99, el cual fue realizado por la empresa de nombre “Perforación de pozos” propiedad del contratista MSc, Freddy Obando Soriano, a continuación, se presentan los resultados en la siguiente tabla N° 2:

Tabla 2: Prueba de bombeo

| Tiempo de bombeo | | Descenso | Caudal |
|------------------|---------|----------|--------|
| Horas | Minutos | (m) | Gpm |
| | 5 | 0.04 | 15 |
| | 10 | 0.09 | 15 |
| | 30 | 0.17 | 15 |
| 1 | 60 | 0.23 | 20 |
| 2 | 120 | 0.45 | 20 |
| 3 | 180 | 0.77 | 20 |
| 4 | 240 | 0.92 | 25 |
| 5 | 300 | 1.15 | 25 |
| 6 | 360 | 1.48 | 25 |
| 7 | 420 | 1.72 | 30 |

| Tiempo de bombeo | | Descenso | Caudal |
|------------------|---------|----------|--------|
| Horas | Minutos | (m) | Gpm |
| 8 | 480 | 1.95 | 30 |
| 10 | 600 | 2.13 | 30 |
| 12 | 720 | 2.54 | 35 |
| 14 | 840 | 2.65 | 35 |
| 16 | 960 | 2.82 | 35 |

Fuente: Alcaldía de Estelí

De acuerdo a los datos en la tabla 2 anteriormente presentada, se utilizó el caudal de explotación y el descenso para determinar el consumo específico de 12.41 Gpm/m.

El abatimiento se calculó con el caudal de diseño que es 18 Gpm y el consumo específico calculado anteriormente obteniendo como resultado 1.45m.

A continuación, se presentan los resultados dados con la **Ecuación 1 y 2**:

Consumo específico

$$CE = \frac{35 \text{ gpm}}{2.82 \text{ m}}$$

$$CE = 12.41 \text{ gpm/m}$$

Abatimiento

$$Abatimiento = \frac{18 \text{ gpm}}{12.42 \text{ gpm/m}}$$

$$Abatimiento = 1.45 \text{ m}$$

Las características hidrogeológicas del pozo, según la ecuación de Theis fueron, transmisividad $T = 11.7861 \text{ m}^2/\text{día}$, valor que es superior a $10 \text{ m}^2/\text{día}$, que según Iglesias (2002), se califica como baja, debido a que esta entre 1 y $10 \text{ m}^2/\text{día}$ con 10m de depresión.

Así mismo, el coeficiente de permeabilidad se estimó en 0.1381 m/día , que según Custodio y Llamas (1983), la clasificación hidrogeológica corresponde a un acuífero pobre, el cual se define como una formación geológica de arenas finas o con mezcla

de limos que es capaz de contener agua y transmitir agua en cantidades significativas **(Anexo 5)**.

A continuación, se presentan los resultados dados con la **Ecuación 3 y 4**:

Transmisividad

$$T = \frac{136.26}{4\pi(0.92)} \quad (1)$$

$$T = 11.7861 \frac{m^2}{día}$$

Coefficiente de permeabilidad

$$k = \frac{11.7861}{85.34}$$

$$k = 0.1381 \frac{m}{día}$$

4.2. Estudio poblacional

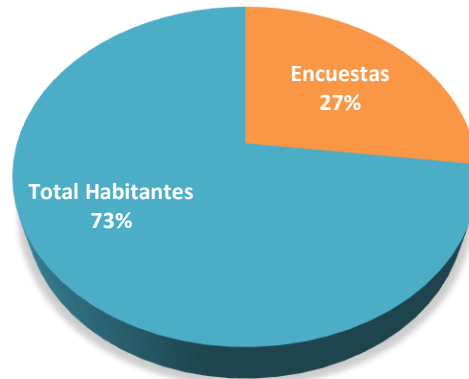
El estudio poblacional se basó en un universo de 260 personas de acuerdo al censo realizado por estudiantes de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI-RUACS) en la comunidad de Buena Vista. El estudio además del censo para conocer la población total, consistió en la realización de una encuesta cuyo objetivo fue conocer las condiciones económicas, servicios de agua y saneamiento y salud comunitaria, además de una entrevista realizada al líder de la comunidad. Los resultados se presentan a continuación:

4.2.1. Población

Se realizó un censo con el propósito de conocer la población total de la comunidad. Además, se realizaron 20 encuestas **(Anexo 1)**, lo que representa el 27 % de la población con la finalidad de conocer parámetros de la economía familiar, vivienda, tipo de actividad económica, acceso al agua y servicios sanitarios.

El resultado del censo poblacional de la comunidad fue de 260 habitantes de los cuales el 37% son hombres, 33% son mujeres, 25% niños y 5% adultos mayores.

Gráfico 1: Censo poblacional



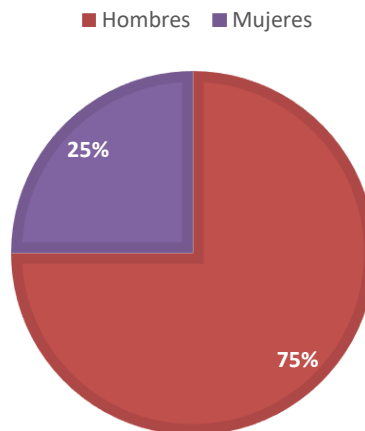
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta el resultado de las 20 encuestas realizadas:

4.2.2. Economía familiar

Se encontró que el 90% de los adultos tienen un trabajo remunerado, de ellos, el 75% son hombres y el 25% son mujeres.

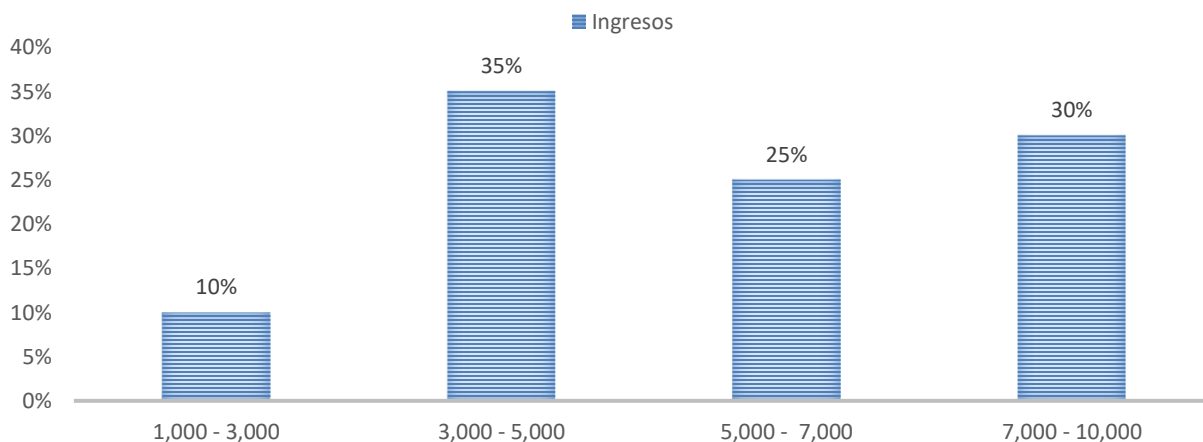
Gráfico 2: Economía familiar



Fuente: Elaboración propia

Con relación al ingreso por remuneración del trabajo, un 10% de las familias encuestadas recibe ingresos en un rango de 1,000 a 3,000 córdobas, un 35% un ingreso entre 3,000 y 5,000, un 25% un ingreso entre 5,000 a 7,000 y un 30% de 7,000 a 10,000. Puede concluirse que un 45% de las familias reciben un ingreso bajo si comparamos el salario recibido con los costos actuales.

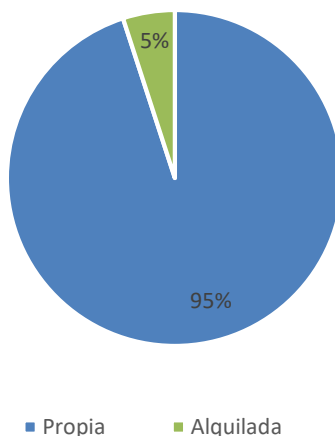
Gráfico 3: Ingreso por remuneración de trabajo



Fuente: Elaboración propia

Con relación a la posesión de las viviendas, se encontró que el 95% eran propias frente a un 5% de familias que alquilan.

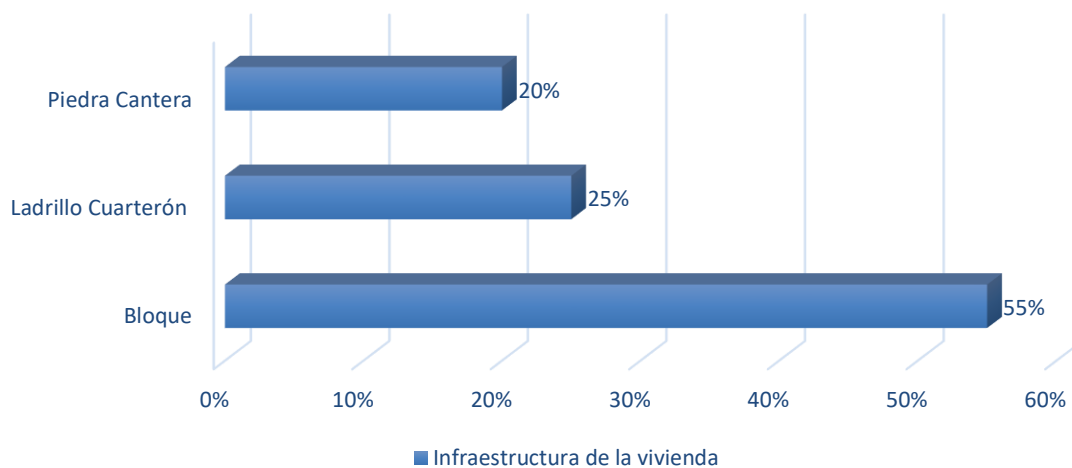
Gráfico 4: Posesión de Viviendas



Fuente: Elaboración propia

Sobre las características de la infraestructura de las viviendas, se encontró que un 55% de las paredes están construidas de bloque, un 25% de ladrillo cuarterón y un 20% de piedra cantera.

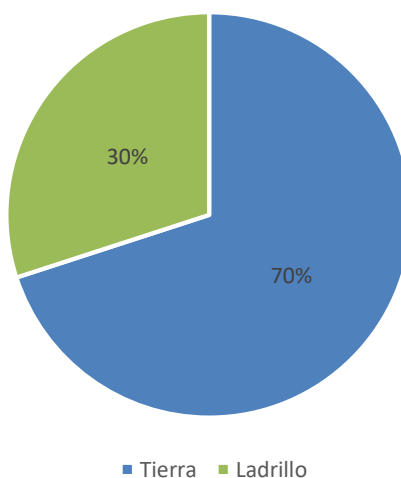
Gráfico 5: Infraestructura de las viviendas



Fuente: Elaboración propia

Además, se apreció que el 70% de los pisos de las viviendas son de tierra y un 30% son de ladrillo.

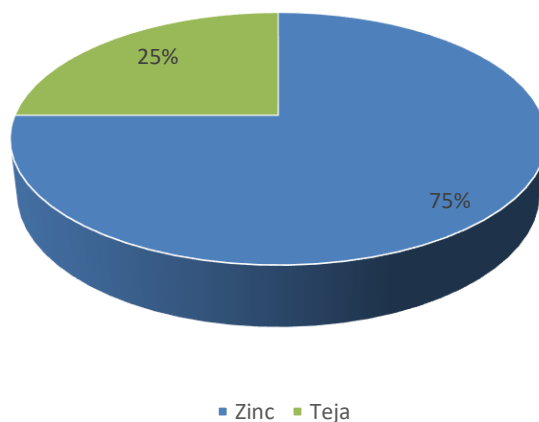
Gráfico 6: Tipo de piso de las viviendas



Fuente: Elaboración propia

También se encontró que el 75% de los techos son de láminas de zinc y el 25% son de teja.

Gráfico 7: Techos de las viviendas



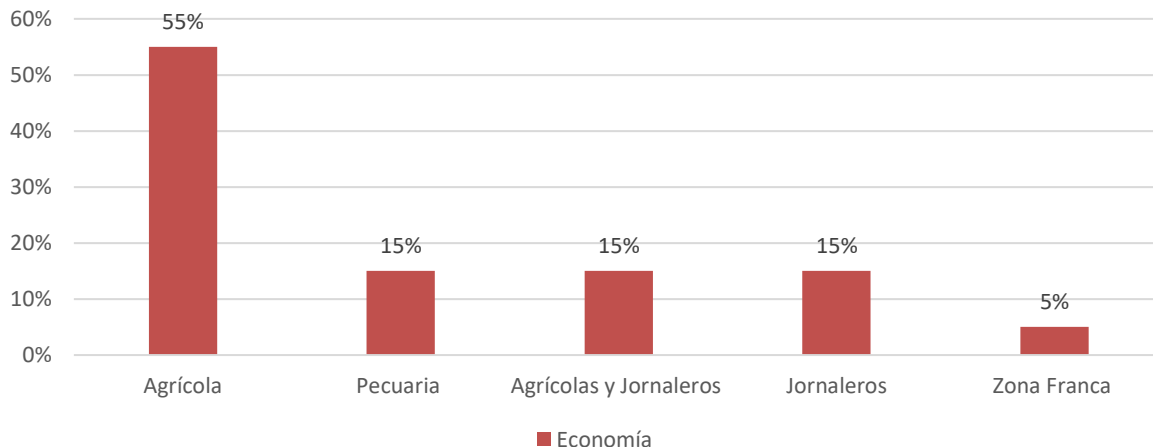
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los datos observados relacionados con los materiales de construcción de las viviendas, puede deducirse que las construcciones son regulares carentes de piso en su mayoría, con techos mayormente de láminas de zinc, lo que es un indicativo del bajo nivel económico de la mayor parte de la población.

Tipo de actividad económica

En la comunidad se observó que el 55% de las familias se dedican a la producción agrícola, mientras que un 15% se dedica a la producción pecuaria, así mismo, existe un 15% de familias que realizan actividades agrícolas y también trabajan como jornaleros, además, existe otro 15% que es únicamente jornalero. Un 5% de las familias trabajan en zona franca.

Gráfico 8: Tipo de actividad económica



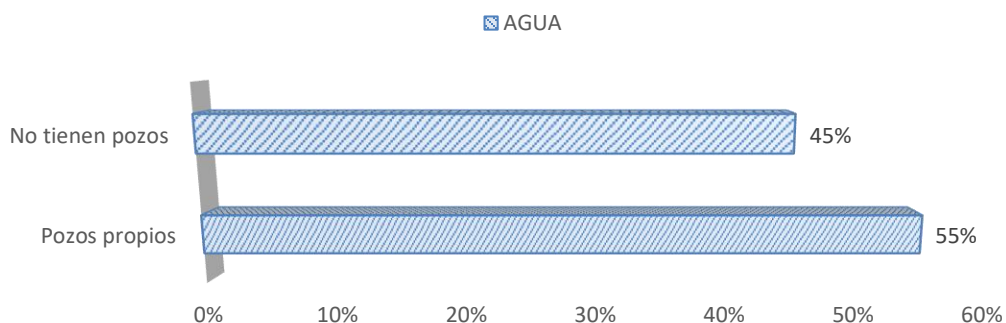
Fuente: Elaboración propia

Por tanto, es significativo mencionar que la mayor parte de la población representada con un 70% se dedica a la producción agropecuaria, seguida de jornaleros y empleados de zonas francas los que representan un 30% de las familias encuestadas.

4.2.3. Acceso al agua

De los encuestados se encontró que el 55% de las familias poseen pozos propios como fuente de agua para el consumo del hogar, mientras que el 45% de las mismas no tiene pozos, ni otra fuente de agua, por lo que recurren a los vecinos para obtener el agua necesaria para el hogar.

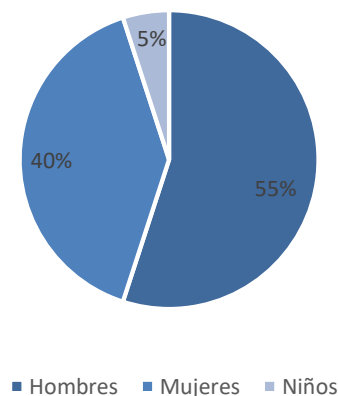
Gráfico 9: Acceso a agua



Fuente: Elaboración propia

Así mismo, fue notable que, de las familias encuestadas, el 55% correspondió a hombres que se ocupaban del acarreo del agua, mientras que el 40% estaba representado por mujeres. Además, se encontró que un 5% representado por niños también realizaban labores de acarreo de agua.

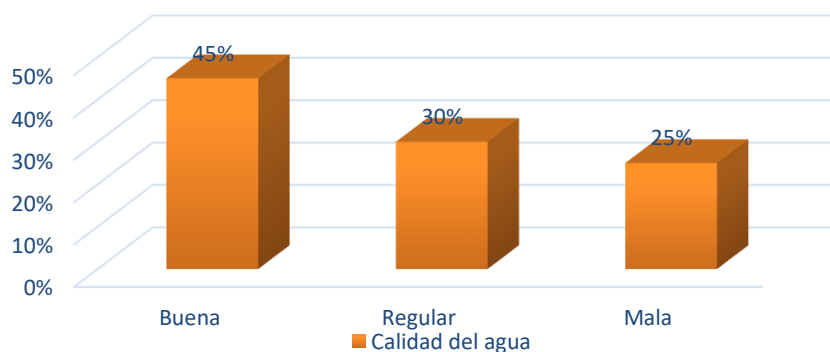
Gráfico 10: Acarreo del agua



Fuente: Elaboración propia

Con relación a la calidad del agua, tomando en cuenta sus características físicas (olor, color y sabor) apreciadas por los encuestados, se encontró que el 45% consideró que el agua es de buena calidad mientras que el 25% manifestó que el agua es de mala calidad, así mismo, un 30% expresó que el agua es de regular calidad.

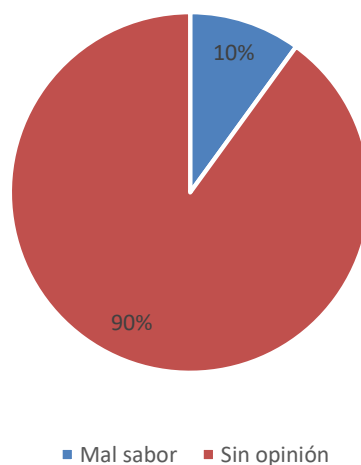
Gráfico 11: Calidad del agua



Fuente: Elaboración propia

Continuando con la indagación de la calidad del agua, se encontró que un 10% opina que el agua tiene mal sabor mientras que el otro 90% no emitió opinión al respecto, no obstante, tomando en consideración lo expresado en el párrafo anterior y conociendo que un 10% de las familias consideran que el agua tiene mal sabor, se puede concluir que el agua que la población consume actualmente presenta condiciones que desde el punto de vista físico no son adecuadas para el consumo.

Gráfico 12: Sabor del agua



Fuente: Elaboración propia

4.2.4. Servicios sanitarios

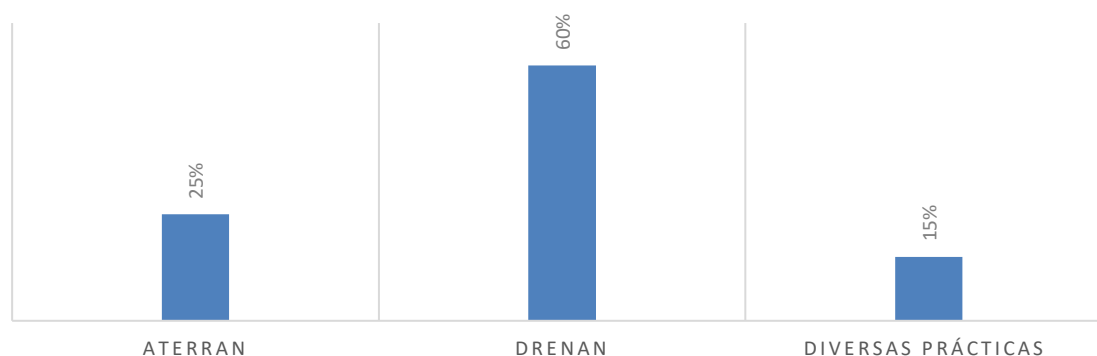
El total de las familias encuestadas manifestó tener letrinas, de las cuales el 45% de ellas tienen letrinas en buen estado, un 50% tiene letrinas en regular estado, mientras que un 5% tiene letrinas en mal estado. Se puede decir que no hay fecalismo al aire libre.

Con relación a las aguas residuales domésticas, el 10% la deja correr libremente sin ningún tratamiento, mientras que un 90% la evacúa y la distribuye en el predio.

Siempre relacionado con las aguas residuales domésticas, se encontró que en un 80% de las viviendas hay presencia de charcas en los predios, mientras que en el resto de los patios estas no existen.

Con relación al manejo de las charcas, los encuestados manifestaron que el 25% de las familias aterran las charcas, mientras que un 60% las drenan, así mismo, un 15% realiza diversas prácticas para la eliminación de las mismas.

Gráfico 13: Manejo de charcas



Fuente: Elaboración propia

4.3. Estudio topográfico

Para el estudio topográfico se utilizaron el sistema de coordenadas UTM con datum WGS84, también se referenciaron los puntos levantados a un BM geodésico. Como resultados del estudio se encontró lo siguiente:

Ubicación del pozo en las coordenadas UTM 16N con: $x=574669.1876m$, $y=1435588.3866m$, $z=893.2290msnm$.

También se hizo el levantamiento de la línea de conducción la cual tiene una longitud de 1,600m desde la posible ubicación del pozo hasta la posible ubicación del tanque, con una diferencia de nivel de 177.081m entre el punto inicial y el punto final del trazado de la línea de conducción.

Además, se levantaron las coordenadas del tanque, las cuales fueron UTM 16N con: $x= 575006.8597m$, $y= 1434212.6662m$, $z= 1070.31msnm$.

Así mismo, se levantó el trazado por los senderos que llevan a las diferentes viviendas de la comunidad de Buena Vista a fin de que estos sirvieran de referencia para el diseño de la red de distribución. La longitud total de los senderos fue de 1945.0368m.

Finalmente se realizaron perfiles del trazado de la línea de conducción y del trazado de los senderos donde podría pasar la red de distribución.

4.4. Componentes del sistema MABE

4.4.1. Población de diseño

Tasa

Para estimar la tasa de crecimiento se tomaron datos poblacionales de la comunidad de “Buena Vista” de los años 2005 y 2019. Los datos del año 2005 fueron facilitados por la Alcaldía Municipal de Estelí, mientras que los datos del 2019 son el resultado de un censo poblacional realizado en el marco de la presente tesis, los cuales se presentan a continuación:

Tabla 3: Población de la comunidad de Buena Vista en el año 2005

| Comunidad | Hombres | Mujeres | Total |
|-------------|---------|---------|-------|
| Buena Vista | 9 | 9 | 18 |

Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí

Tabla 4: Población de la comunidad de Buena Vista en el año 2019

| Comunidad | Hombres | Mujeres | Tercera edad | Niños | Total |
|-------------|---------|---------|--------------|-------|-------|
| Buena Vista | 98 | 91 | 61 | 10 | 260 |

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presenta según la **Ecuación 5**, el cálculo de la proyección de la población, y los resultados de la tasa de crecimiento:

$$r = \left(\frac{260}{18} \right)^{1/14} - 1$$

$$r = 21\%$$

La alta tasa de crecimiento observada podría explicarse porque el área de la comunidad de Buena Vista se ubica a tan solo 2km de la carretera panamericana y a 15 minutos de la ciudad de Estelí, ciudad que ofrece abundantes oportunidades laborales de interés para la población rural, tales como las maquilas de tabaco, flores, textil y doméstica.

Población futura

La población de diseño se calculó basada en la fórmula geométrica, tomando en cuenta una tasa de crecimiento de 4%, debido a que la tasa real calculada para la comunidad excede lo establecido en la norma. La población fue proyectada a 20 años, los resultados se presentan a continuación:

$$P_n = 260(1 + 0.04)^{20}$$

$$P_n = 570 \text{ habitantes}$$

4.4.2. Caudal de diseño

Se calculó el consumo doméstico según la **ecuación 6**, al aplicar la dotación de 60 lpd para la zona rural a la población proyectada, se obtuvo el siguiente resultado:

$$CD = 570(60)$$

$$CD = 34200/86400$$

$$CD = 0.3958 \text{ lps}$$

A partir del consumo doméstico se calculó el consumo comercial y el consumo institucional, los cuales se basan en el 7 % del consumo CD, calculado anteriormente, obteniéndose los siguientes resultados:

$$C_{Com} = 0.3958 \left(\frac{7}{100} \right)$$

$$C_{Com} = 0.0277 \text{ lps}$$

$$C_{ins} = 0.3958 \left(\frac{7}{100} \right)$$

$$C_{ins} = 0.0277 \text{ lps}$$

Se calculó el CPD según la **ecuación 9** realizando la sumatoria de los consumos anteriormente calculados, el cual resultó de 0.4513 lps, como se detalla a continuación:

$$CPD = 0.3958 + 0.0277 + 0.0277$$

$$CPD = 0.4513 \text{ lps}$$

Además, se determinaron las pérdidas en el sistema según la norma, aplicando un 20% al consumo promedio diario lo que dio como resultado:

$$Q_{fugas} = 0.4513 \left(\frac{20}{100} \right)$$

$$Q_{fugas} = 0.0903 \text{ lps}$$

A continuación, se presenta una tabla donde se muestra el consumo doméstico, el consumo institucional, el consumo comercial y las pérdidas que tendrá el sistema durante los 20 años proyectados:

Tabla 5: Consumos proyectados

| Año | Población | Consumo Doméstico (lps) | Consumo Institucional (lps) | Consumo Comercial (lps) | Q pérdidas (lps) |
|------|-----------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|------------------|
| 2019 | 260 | 0.18 | 0.013 | 0.013 | 0.003 |
| 2020 | 270 | 0.19 | 0.013 | 0.013 | 0.003 |
| 2021 | 281 | 0.20 | 0.014 | 0.014 | 0.003 |
| 2022 | 292 | 0.20 | 0.014 | 0.014 | 0.003 |
| 2023 | 304 | 0.21 | 0.015 | 0.015 | 0.003 |
| 2024 | 316 | 0.22 | 0.015 | 0.015 | 0.003 |
| 2025 | 328 | 0.23 | 0.016 | 0.016 | 0.003 |
| 2026 | 342 | 0.24 | 0.017 | 0.017 | 0.003 |
| 2027 | 355 | 0.25 | 0.017 | 0.017 | 0.003 |
| 2028 | 370 | 0.26 | 0.018 | 0.018 | 0.004 |
| 2029 | 384 | 0.27 | 0.019 | 0.019 | 0.004 |
| 2030 | 400 | 0.28 | 0.019 | 0.019 | 0.004 |
| 2031 | 416 | 0.29 | 0.020 | 0.020 | 0.004 |
| 2032 | 432 | 0.30 | 0.021 | 0.021 | 0.004 |
| 2033 | 450 | 0.31 | 0.022 | 0.022 | 0.004 |
| 2034 | 468 | 0.33 | 0.023 | 0.023 | 0.005 |
| 2035 | 486 | 0.34 | 0.024 | 0.024 | 0.005 |
| 2036 | 506 | 0.35 | 0.025 | 0.025 | 0.005 |
| 2037 | 526 | 0.37 | 0.026 | 0.026 | 0.005 |
| 2038 | 547 | 0.38 | 0.027 | 0.027 | 0.005 |
| 2039 | 570 | 0.40 | 0.028 | 0.028 | 0.006 |

Fuente: Elaboración propia

El caudal para la línea de conducción se calculó según lo establecido en la norma, que indica que para el consumo máximo diario se aplica el factor de 1.5 al CPD, más las pérdidas, obteniendo lo siguiente:

$$CMD = (1.5)(0.4513) + 0.0903$$

$$CMD = 0.7671 \text{ lps}$$

De igual manera, para la red de distribución se consideró lo establecido en la norma aplicando factor de 2.5 al CPD, más las pérdidas, obteniendo como resultado lo siguiente:

$$CMH = (2.5)(0.4513) + 0.0903$$

$$CMH = 1.218 \text{ lps}$$

Basado en el resultado obtenido se asumió un caudal de 1.22 lps para dimensionar la red.

El caudal máximo diario que recomienda la norma se basa en la aplicación de un rango de bombeo comprendido entre 12 y 16 horas. Dadas las características de la comunidad de Buena Vista, se optó por aplicar 16 horas de bombeo que es el tiempo máximo que establece la norma, tomando en cuenta, además, el consumo promedio diario y las pérdidas en el sistema. El resultado se presenta en la ecuación:

$$Q_b = (0.7671) \left(\frac{24}{16} \right)$$

$$Q_b = 1.15 \text{ lps}$$

Finalmente se asumió 1.15 lps, que es el caudal que se utilizó para dimensionar la línea de conducción.

A continuación, se muestra una tabla donde se muestra los consumos máximos diaria y los consumos máximos horarios que tendrá el sistema durante los 20 años de proyección:

Tabla 6: Consumo máximo diario y consumo máximo horario proyectados

| Año | Población | CPD (lps) | CMD (lps) | CMH (lps) |
|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 2019 | 260 | 0.21 | 0.350 | 0.556 |
| 2020 | 270 | 0.21 | 0.363 | 0.577 |
| 2021 | 281 | 0.22 | 0.378 | 0.601 |
| 2022 | 292 | 0.23 | 0.393 | 0.624 |
| 2023 | 304 | 0.24 | 0.409 | 0.650 |
| 2024 | 316 | 0.25 | 0.425 | 0.675 |
| 2025 | 328 | 0.26 | 0.441 | 0.701 |
| 2026 | 342 | 0.27 | 0.460 | 0.731 |
| 2027 | 355 | 0.28 | 0.478 | 0.759 |
| 2028 | 370 | 0.29 | 0.498 | 0.791 |
| 2029 | 384 | 0.30 | 0.517 | 0.821 |
| 2030 | 400 | 0.32 | 0.538 | 0.855 |
| 2031 | 416 | 0.33 | 0.560 | 0.889 |
| 2032 | 432 | 0.34 | 0.581 | 0.923 |
| 2033 | 450 | 0.36 | 0.606 | 0.962 |
| 2034 | 468 | 0.37 | 0.630 | 1.000 |
| 2035 | 486 | 0.38 | 0.654 | 1.039 |
| 2036 | 506 | 0.40 | 0.681 | 1.082 |
| 2037 | 526 | 0.42 | 0.708 | 1.124 |
| 2038 | 547 | 0.43 | 0.736 | 1.169 |
| 2039 | 570 | 0.45 | 0.767 | 1.218 |

Fuente: Elaboración propia.

4.4.3. Estación de bombeo

La columna de bombeo se diseñó según la norma de INAA y se presenta en el plano tipo. La longitud de la columna fue de 49.18m, mientras que el diámetro de la columna de bombeo de 2" se diseñó con tubería PVC SDR 13.5, cumpliendo con los parámetros señalados con la NTON 09-001-99.

La sarta se diseñó con tubería HG, ISO 9001:2000 con un diámetro de 2" cumpliendo, de igual manera, con los parámetros indicados en la NTON 09-001-99. El diseño incluyó los siguientes accesorios y válvulas que se presentan en el plano.

4.4.4. Línea de conducción

Para el diseño de la línea de conducción desde el punto más bajo en la cota 893.23msnm y el punto más alto en la cota 1070.31msnm, se tomó en cuenta la pérdida de carga en la columna de bombeo, sarta y línea de conducción que es el tramo de tubería entre la sarta y el tanque.

4.4.4.1. Diámetro

El diámetro se calculó con la ecuación de Bresse, **ecuación 18** obteniendo como resultado 40mm.

$$D = 0.9 * (0.00115)^{0.45}$$

$$D = 0.042m$$

$$D = 42.81mm$$

4.4.4.2. Pérdidas

Pérdida de carga en la columna de bombeo

Para la columna de bombeo con una longitud de 49.18m, se seleccionó tubería PVC de 2 pulgadas SDR 13.5, norma ASTM A123.

Así mismo, la mencionada norma establece como criterio de diseño para la columna de bombeo una pérdida de carga menor al 5% de la longitud de la misma. Se calcularon las pérdidas mediante Hazen-Williams resultando un valor de 0.387m cumpliendo con el criterio anteriormente mencionado.

A continuación, se presentan los resultados:

$$hf = \frac{10.549(0.00115)^{1.85}}{(150)^{1.85}(0.050)^{4.87}} (49.18)$$

$$hf = 0.387m$$

$$hf < 49.18m \left(\frac{5}{100} \right)$$

$$0.387m < 2.459m$$

Pérdida en la sarta

La pérdida de carga en la sarta se estimó según la NTON 09-001-99 considerando las pérdidas locales causadas por los accesorios y válvulas causadas por la pérdida de fricción en una tubería de 2" de HG.

Las pérdidas por fricción se calcularon según la ecuación de Hazen-Williams **ecuación 19**.

$$H = \frac{10.549(0.00115)^{1.85}}{(100)^{1.85}(0.050)^{4.87}} (6)$$

$$H = 0.10m$$

Las pérdidas de cargas locales se calcularon según la **ecuación 20** cuyo resultado es el siguiente:

Tabla 7: Pérdidas locales en accesorios de la sarta.

| Descripción | Cantidad | K | hl |
|---------------------------------|----------|-----|----------|
| Válvula de compuerta abierta | 1 | 0.2 | 0.00367m |
| Válvula check | 2 | 2.5 | 0.09174m |
| Medidor Venturi | 1 | 2.5 | 0.04587m |
| Tee (válvula de derivación) | 1 | 0.1 | 0.00183m |
| Tee (columna de bombeo y sarta) | 1 | 1.8 | 0.03303m |
| Unión Dresser | 1 | 0.3 | 0.00550m |
| Dos codos de 45° | 2 | 0.4 | 0.01467m |
| Válvula de alivio | 1 | 2.5 | 0.04587m |
| Válvula de aire y su abrazadera | 1 | 0.9 | 0.0165m |
| Suma hl | | | 0.2587m |

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, la pérdida total en la sarta se calculó sumando las pérdidas por fricción y las pérdidas locales causadas por los accesorios, resultando una pérdida total de 0.3587m.

Pérdidas en la línea

La línea de conducción se diseñó con tubería de PVC SDR 13.5, con un nivel dinámico de 22.54 y una altura geométrica de 199.63m. La carga dinámica total que soportará una vez en operación será de 213.20 m.

Según los cálculos hidráulicos de acuerdo con Hazen-Williams, la pérdida de carga por fricción en la línea con tubería PVC SDR 13.5 de 2" dio como resultado 12.58m, en una tubería cuya longitud es de 1600m y se presenta en los siguientes cálculos.

$$h_f = \frac{10.549(0.00115)^{1.85}}{(150)^{1.85}(0.050)^{4.87}} (1600)$$

$$h_f = 12.58m$$

$$V = \frac{0.00115}{(3.1416) \frac{(0.050)^2}{4}}$$

$$V = 0.58m/s$$

Las pérdidas de carga totales en la línea, alcanzaron un valor de 13.33m, lo que considerando una altura geométrica de 199.63m resulta en una altura total de 212.96m. A continuación, se presentan los cálculos:

$$h_f = 12.58m$$

$$h_{sarta} = 0.3587m$$

$$h_{columna\ de\ bombeo} = 0.387m$$

$$h_{total} = 13.33m$$

Para determinar la carga dinámica total se sumaron todas las pérdidas de la columna de bombeo, de la sarta y de la línea de conducción, lo que tomando en consideración la altura geométrica resultó una carga dinámica total de 213.20m como se detalla a continuación:

$$CDT = 199.87 + 13.33m$$

$$CDT = 213.20m$$

4.4.4.3. Golpe de ariete

El golpe de ariete es un fenómeno que debe ser debidamente evaluado en toda instalación de tuberías a presión, debido a que la onda generada por los cambios de velocidades en la línea de conducción crea una onda que causa la sobrepresión en la tubería que podría afectar severamente la instalación.

Para la evaluación del golpe de ariete en el proceso de diseño del sistema se optó por una tubería de PVC SDR 13.5, se tomó en consideración los valores de elasticidad y los valores de K según el Manual Técnico Tubo sistemas Amanco.

Con los valores antes mencionados se calculó la velocidad de la onda utilizando la **ecuación 21** cuyo resultado se presenta a continuación.

$$a = \frac{1420}{\sqrt{1 + \left(\frac{20600}{28100}\right)(13.5 - 2)}}$$
$$a = 462.4m/s$$

También se calculó el tiempo de parada el cual fue de 1.379s aplicando la fórmula de Mendiluce **ecuación 23**, el valor de c utilizado en la **ecuación 22**, se obtuvo realizando una evaluación de la gradiente hidráulica que relaciona la carga dinámica total y la longitud de la tubería, cuyo valor fue menor que 0.20 por lo que se asume un valor de 1, a continuación, se describe el procedimiento realizado:

$$\frac{Hm}{L} < 0.20, c = 1$$
$$T = 1 + \frac{(1)(1600)(0.58)}{(9.81)(212.96)}$$
$$T = 1.448 s$$

Con relación a la longitud crítica esta se calculó mediante la **ecuación 24** resultando una longitud crítica de 334.91m como se describe a continuación.

$$L_c = \frac{(462.4)(1.448)}{2}$$
$$L_c = 334.91 m$$

Dado que la longitud crítica fue menor que la longitud total, se considera que es una impulsión larga, teniendo en cuenta este resultado se calcula el tiempo de onda aplicando la fórmula de Allievi **ecuación 25**, cuyo resultado fue de 6.92s.

$$t = \frac{2(1600)}{462.4}$$

$$t = 6.92s$$

Debido a que el tiempo de parada es menor que el ciclo de la onda, se asume la fórmula de Allievi aplicando la **ecuación 26** para calcular la sobre presión, la cual se presenta a continuación:

$$\Delta H = \frac{(462.4)(0.58)}{9.81}$$

$$\Delta H = 27.607m$$

$$Presión\ Total = Sobrepresión + Diferencia\ de\ nivel$$

$$Presión\ Total = 23.16 + 177.08$$

$$Presión\ Total = 204.687m$$

$$Presión\ Total = 290.65\ PSI$$

La tubería PVC SDR 13.5 seleccionada soporta 315 PSI de presión por lo que se considera adecuada para este propósito.

Selección de la bomba

Para el análisis del sistema de bombeo para pozos profundos se tomó en consideración una bomba marca Franklin Electric FPS 4400, debido a que es un producto con presencia en el mercado nacional y su instalación es conocida por el sector que labora en agua y saneamiento.

La potencia teórica estimada se describe a continuación.

$$P = \frac{\gamma g H Q}{0.70(746)}$$

$$P = \frac{(1000)(9.81)(212.96)(0.00115)}{0.70(746)}$$

$$P = 4.60hp$$

De acuerdo al resultado de la carga dinámica cuyo valor es de 213.20m y el caudal requerido estimado en 1 l/s, se procedió a seleccionar una bomba tomando en consideración su curva de rendimiento lo cual se presenta en el **Anexo 6**, resultando que la bomba requerida tendrá una potencia real de 5 hp, altura manométrica de 212.96m y caudal de 1.15 l/s que corresponde al modelo Franklin Electric FPS 4400.

4.4.5. Desinfección

La desinfección se hará con hipoclorito de sodio, que es lo recomendado por la norma para pequeñas poblaciones, en la que se establece que se aplicará 1 kg/d a un caudal de 8.20 lps (INAA, 1999b, pág. 96). El proceso se hará en el tanque aplicando el método de desinfección por goteo, aplicando 6.25 litros por hora de cloro comercial diluido a 100 litros.

De acuerdo a las características de la estación de bombeo y el caudal de 1lps, se aplicará diariamente durante las 16 horas de bombeo, una dosis de 0.92 gr/d, lo que corresponde a una capacidad requerida de diseño de la estación de cloración de 0.12 kg. Cloro/día, como se describe a continuación:

$$Ca = \frac{(57.6 \text{ m}^3/\text{día})(2.08 \text{ mg/L})}{1000}$$

$$Ca = 0.12 \text{ kg. Cloro/día}$$

4.4.6. Diseño del tanque

Para la capacidad del tanque, ubicado a una altura de 1070.31msnm, se calculó el volumen compensador con la **ecuación 28**, tomando en cuenta el consumo promedio diario que incluye el factor institucional de 7% y las pérdidas en el sistema, como se describe a continuación.

$$Volumen \text{ compensador} = 25.99 \left(\frac{15}{100} \right)$$

$$Volumen \text{ compensador} = 3.89 \text{ m}^3$$

Para el cálculo de volumen de reserva se estimó el 20% del consumo promedio diario según **ecuación 29**, detallado a continuación:

$$Volumen\ de\ reserva = 25.99 \left(\frac{20}{100} \right)$$

$$Volumen\ de\ reserva = 5.19m^3$$

El volumen de diseño del tanque de almacenamiento fue:

$$Volumen\ de\ diseño = 3.42m^3 + 4.56m^3$$

$$Volumen\ de\ diseño = 9.097m^3$$

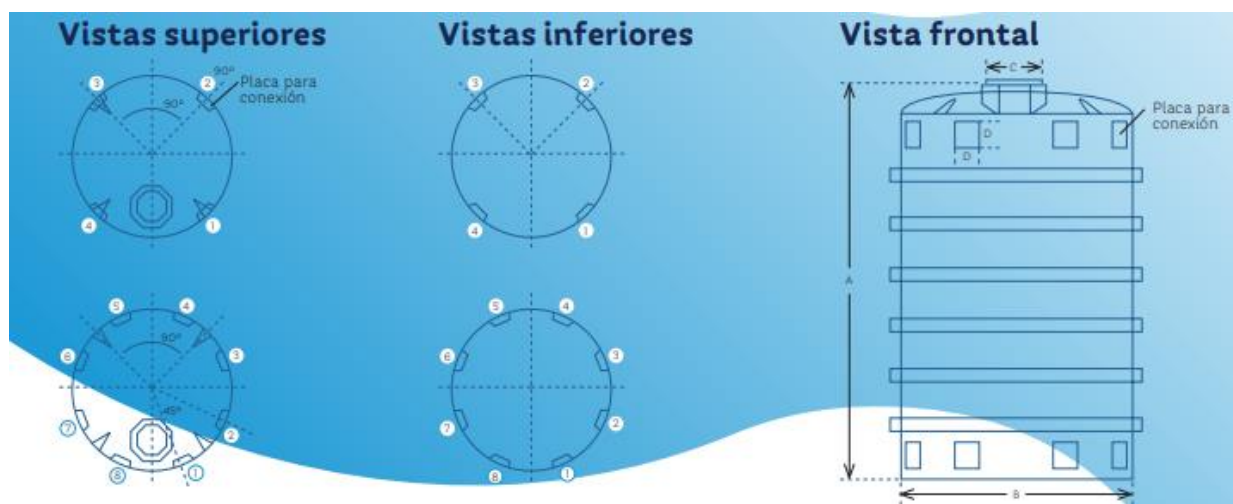
Se determinó usar un tanque de PVC, ya que es más económico y más fácil su instalación en menos tiempo además de tener resistencia a la corrosión, resistente a la intemperie y tener una buena relación calidad/precio.

El tanque tiene una capacidad de 10,000 litros de marca Rotoplas con paredes fabricadas con polietileno de alta densidad muy resistentes y ligeros, con dimensiones de 2.20m x 3.10m.

TANQUE ROTOPLAS 10,000 LITROS

Tabla 8: Especificaciones del tanque

| Descripción | Tanque – 10,000 L |
|--------------------|-------------------|
| Altura (m) | 3.10 |
| Diámetro (m) | 2.20 |
| Diámetro placa (m) | 0.20 |
| Diámetro tapa (m) | 0.45 |
| Peso (kg) | 200 |



Fuente: Rotoplas

4.4.7. Diseño de la red

El relieve de la comunidad presenta elevaciones máximas de 1062.31msnm y mínimas de 885.28msnm, con una diferencia de nivel de 177.03m. La comunidad se localiza a lo largo de un camino con orientación Norte - Sur con una longitud de 1945.03m (**Mapa topográfico**). Estas condiciones han incidido en el diseño eligiéndose, por tanto, una red abierta.

Dicha red se diseñó con tubería PVC de 1 1/2" SDR 26, además, se instalaron dos pilas rompe presión debido a las altas presiones que se presentaron en la tubería, las pilas antes mencionadas están ubicadas a 662.79m y 1188.29m, respectivamente, desde el tanque de almacenamiento.

Las máximas presiones encontradas en la red de distribución, son de 61.27 m, y la presión mínima de 7.95 m. De igual manera, las velocidades presentes oscilan entre 0.12 m/s y 1.58 m/s.

De acuerdo con la norma, se ubicaron válvulas de limpieza en los puntos más bajos y válvulas de aire en los puntos más altos de la red. Las válvulas de aire se ubicaron a 140.16m, 727.32m, 1011.77m, 1460.68m y 1558.49m, desde el tanque, mientras que las válvulas de limpieza están a 316.11m, 845.70m, 1391.25m y 1528.52m, desde el tanque.

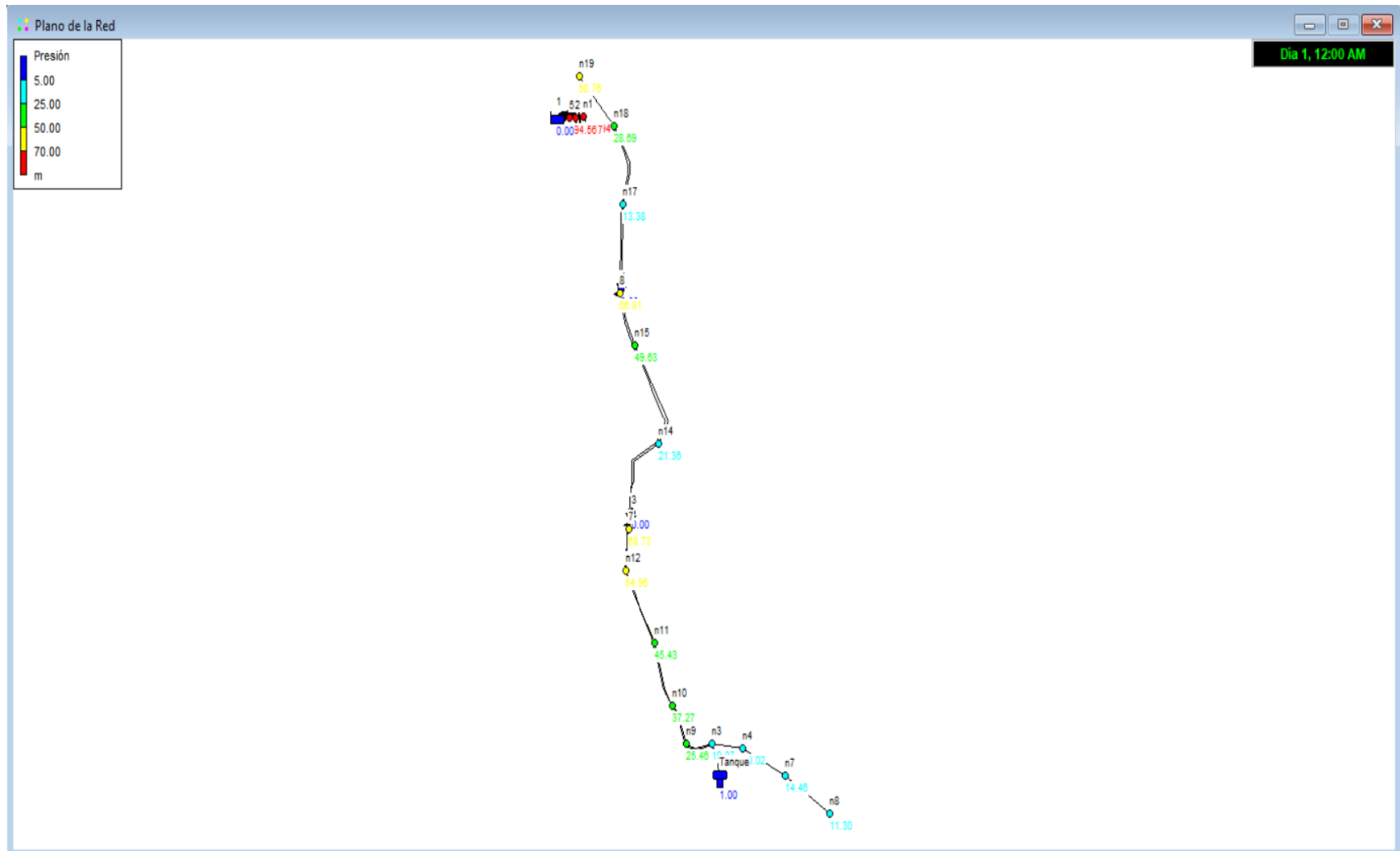
4.4.8. Tomas domiciliarias

La red de agua potable del MABE abastecerá 79 viviendas y 1 escuela con tomas domiciliarias, las cuales se harán conforme a lo establecido por la norma (INAA, 1999a, págs. 3-3). Para la instalación de las acometidas domiciliarias se utilizará el plano que se presenta en el plano tipo. Para que haya un uso adecuado del agua y se facilite el cobro del servicio se instalará un contador por vivienda.

Software Epanet

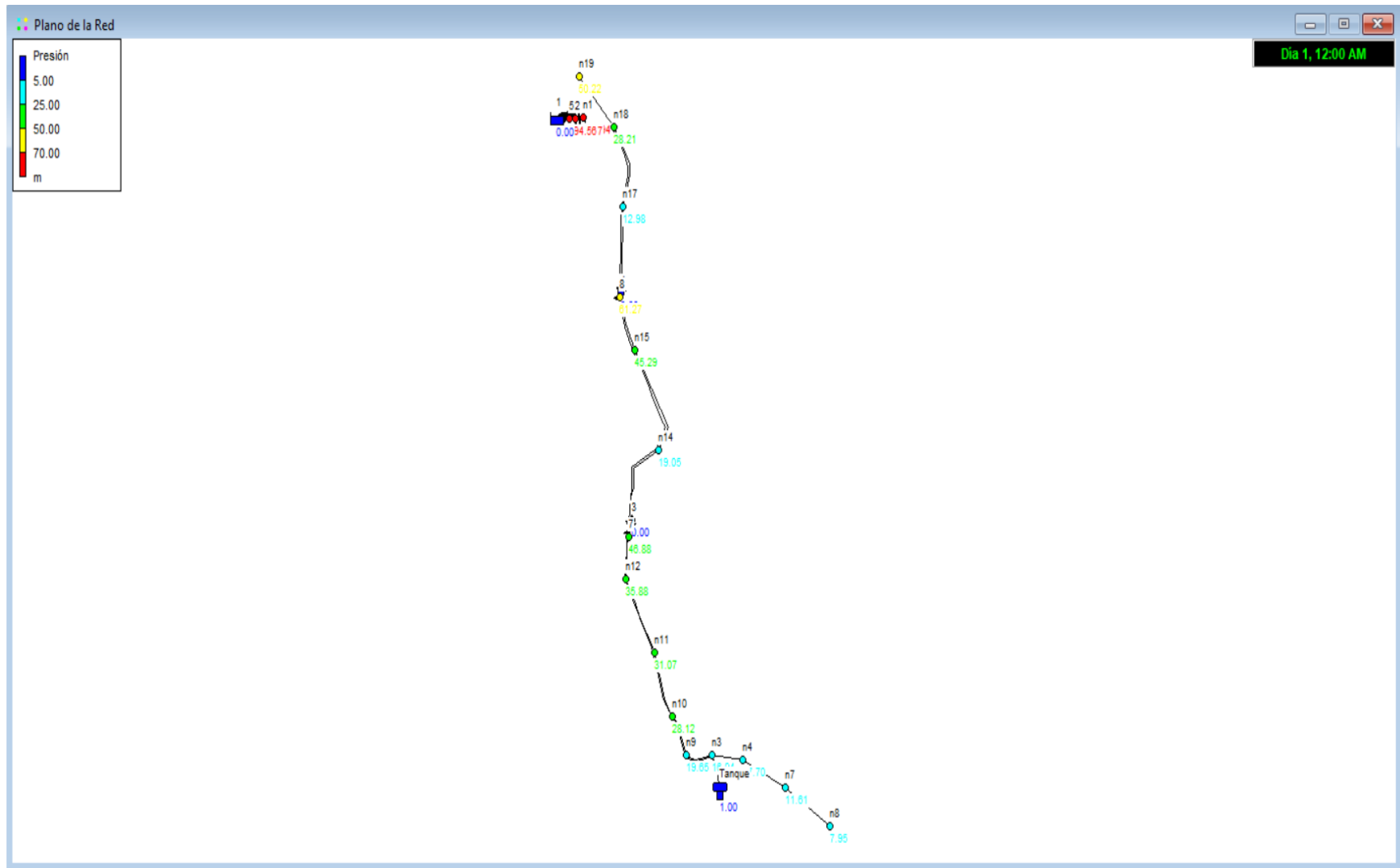
Luego de los cálculos realizados, se modeló el sistema en el software Epanet donde se pudieron observar las distintas presiones y velocidades presentes en el sistema, las cuales se muestran en las siguientes ilustraciones

Gráfico 14: Presiones en el sistema sin consumo



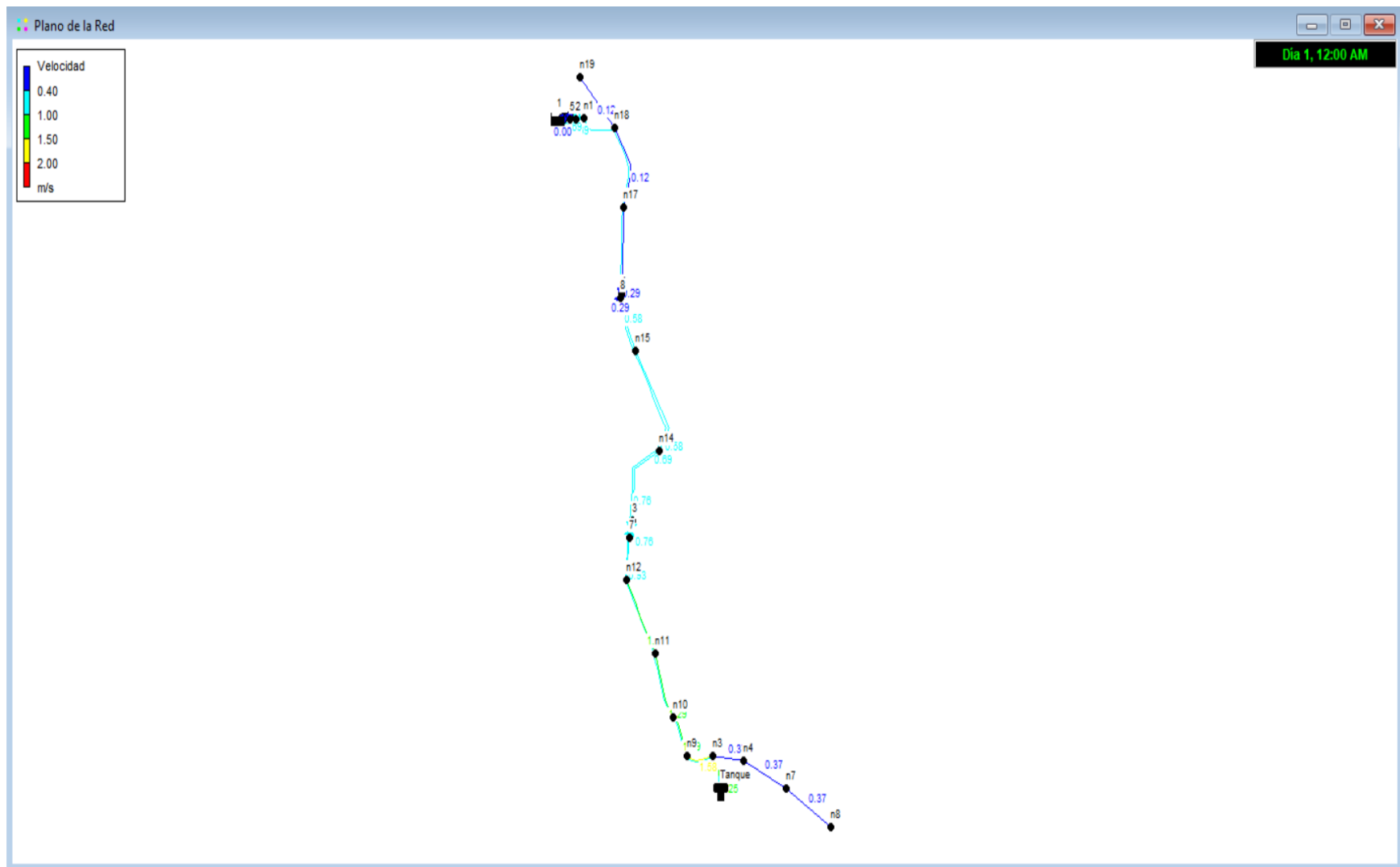
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 15: Presiones en el sistema con consumo máximo



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 16: Velocidades presentes en el sistema



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran los resúmenes de los diámetros, velocidades y longitudes en las tuberías, además de las presiones y las demandas bases en cada nodo.

Tabla 9: Presión en la red sin consumo

| Tabla de Red - Nudos | | |
|----------------------|---------|---------|
| | Cota | Presión |
| ID Nudo | m | m |
| Conexión 3 | 1002.58 | 0 |
| Conexión 4 | 935.77 | 0 |
| Embalse 1 | 870.79 | 0 |
| Depósito Tanque | 1070.31 | 1 |
| Conexión n8 | 1060.01 | 11.3 |
| Conexión n17 | 922.39 | 13.38 |
| Conexión n7 | 1056.85 | 14.46 |
| Conexión n3 | 1052.24 | 19.07 |
| Conexión n4 | 1051.29 | 20.02 |
| Conexión n14 | 981.22 | 21.36 |
| Conexión n9 | 1045.85 | 25.46 |
| Conexión n18 | 907.08 | 28.69 |
| Conexión n10 | 1034.04 | 37.27 |
| Conexión n11 | 1025.88 | 45.43 |
| Conexión n15 | 952.95 | 49.63 |
| Conexión n19 | 885.01 | 50.76 |
| Conexión n12 | 1016.35 | 54.96 |
| Conexión 8 | 935.77 | 66.81 |
| Conexión 7 | 1002.58 | 68.73 |
| Conexión n1 | 893.23 | 193.94 |
| Conexión 2 | 893.23 | 194.07 |
| Conexión 5 | 893.23 | 194.56 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: Presión en la red con consumo máximo

| Tabla de Red - Nudos | | |
|----------------------|---------|---------|
| | Cota | Presión |
| ID Nudo | m | m |
| Conexión 3 | 1002.58 | 0 |
| Conexión 4 | 935.77 | 0 |
| Embalse 1 | 870.79 | 0 |
| Depósito Tanque | 1070.31 | 1 |
| Conexión n8 | 1060.01 | 7.95 |
| Conexión n7 | 1056.85 | 11.61 |
| Conexión n17 | 922.39 | 12.98 |
| Conexión n3 | 1052.24 | 16.94 |
| Conexión n4 | 1051.29 | 17.7 |
| Conexión n14 | 981.22 | 19.05 |
| Conexión n9 | 1045.85 | 19.65 |
| Conexión n10 | 1034.04 | 28.12 |
| Conexión n18 | 907.08 | 28.21 |
| Conexión n11 | 1025.88 | 31.07 |
| Conexión n12 | 1016.35 | 35.88 |
| Conexión n15 | 952.95 | 45.29 |
| Conexión 7 | 1002.58 | 46.88 |
| Conexión n19 | 885.01 | 50.22 |
| Conexión 8 | 935.77 | 61.27 |
| Conexión n1 | 893.23 | 193.94 |
| Conexión 2 | 893.23 | 194.07 |
| Conexión 5 | 893.23 | 194.56 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11: Longitud, velocidad y diámetro en las tuberías

| Tabla de Red - Líneas | | | |
|-----------------------|---------------|---------------|-----------|
| | Longitud | Diámetro | Velocidad |
| ID Línea | m | mm | m/s |
| Bomba 1 | No Disponible | No Disponible | 0 |
| Tubería p15 | 171.5 | 44.6 | 0.12 |
| Tubería p16 | 133.2 | 44.6 | 0.12 |
| Válvula 4 | No Disponible | 44.6 | 0.29 |
| Tubería p14 | 161 | 44.6 | 0.29 |
| Tubería p5 | 134 | 44.6 | 0.37 |
| Tubería p18 | 143.1 | 44.6 | 0.37 |
| Tubería p17 | 52.11 | 44.6 | 0.37 |
| Tubería p13 | 135.1 | 44.6 | 0.58 |
| Tubería p12 | 228.7 | 44.6 | 0.58 |
| Tubería p1 | 1600 | 52.5 | 0.69 |
| Tubería 2 | 6 | 52.5 | 0.69 |
| Tubería 5 | 49.18 | 52.5 | 0.69 |
| Válvula 3 | No Disponible | 44.6 | 0.76 |
| Tubería p11 | 161.7 | 44.6 | 0.76 |
| Tubería p10 | 133.2 | 44.6 | 0.93 |
| Tubería p9 | 165.8 | 44.6 | 1.1 |
| Tubería p2 | 76.09 | 55.7 | 1.25 |
| Tubería p8 | 135.3 | 44.6 | 1.29 |
| Tubería p7 | 86.86 | 44.6 | 1.29 |
| Tubería p6 | 65.54 | 44.6 | 1.58 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12: Caudales nodales

| Tabla de Red - Nodos | |
|----------------------|---------------|
| | Demanda Base |
| ID Nudo | LPS |
| Conexión n1 | 0 |
| Conexión n3 | 0 |
| Conexión n7 | 0 |
| Conexión n8 | 0.2284 |
| Conexión n9 | 0.1827 |
| Conexión n10 | 0 |
| Conexión n11 | 0.1218 |
| Conexión n12 | 0.1066 |
| Conexión n14 | 0.1066 |
| Conexión n15 | 0 |
| Conexión n17 | 0.1066 |
| Conexión n18 | 0 |
| Conexión n19 | 0.0761 |
| Conexión n4 | 0 |
| Conexión 2 | 0 |
| Conexión 3 | 0 |
| Conexión 5 | 0 |
| Conexión 4 | 0 |
| Conexión 7 | 0.1066 |
| Conexión 8 | 0.1827 |
| Embalse 1 | No Disponible |
| Depósito Tanque | No Disponible |

Fuente: Elaboración propia

4.5. Presupuesto del proyecto

Se estimaron las cantidades de obra a realizar, obteniendo de la alcaldía municipal de Estelí el catálogo de costos unitarios por actividades, e igualmente cotizando los precios de los materiales y accesorios.

Se incluyeron en una hoja de cálculo, los costos unitarios y costos totales para su respectivo procesamiento y cálculo del presupuesto, resultando un costo total de C\$ 2,294,561.69 córdobas (Dos millones doscientos noventa y cuatro mil quinientos sesenta y uno con sesenta y nueve centavos) con un costo per cápita de 4,025.55 córdobas. A continuación, se muestra el resumen de los costos.

Tabla 13: Resumen de presupuesto

| DESCRIPCIÓN | UM | COSTO |
|--|-----|------------------|
| LIMPIEZA INICIAL | GLB | C\$ 9,600.00 |
| LINEA DE CONDUCCIÓN | GLB | C\$ 948,703.28 |
| RED DE DISTRIBUCIÓN | GLB | C\$ 101,165.92 |
| 2 CAJAS ROMPE PRESIÓN | GLB | C\$ 57,454.06 |
| TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE PLASTICO DE 10000 LITROS | GLB | C\$ 68,617.76 |
| LOSA DE CONCRETO REFORZADO | GLB | C\$ 164,237.80 |
| OBRA DE CAPTACIÓN (POZO PERFORADO) | GLB | C\$ 419,091.47 |
| ESTACION DE BOMBEO | | |
| SARTA, COLUMNA Y BOMBA | GLB | C\$ 247,051.66 |
| CASETA DE BOMBEO | GLB | C\$ 37,641.89 |
| INSTALACIONES ELECTRICAS | GLB | C\$ 104,508.25 |
| CONEXIONES INTRADOMICILIARES | GLB | C\$ 126,889.60 |
| LIMPIEZA FINAL | GBL | C\$ 9,600.00 |
| TOTAL | GBL | C\$ 2,294,561.69 |

Fuente: Elaboración propia

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

1. De acuerdo al estudio hidrogeológico es un acuífero pobre con una permeabilidad de 0.1381 m/día, con un rendimiento en el pozo de 1.15 lps, por lo que este tipo de pozo puede abastecer únicamente a pequeñas comunidades rurales.
2. Se encontró una población actual de 260 habitantes, con una alta tasa de crecimiento equivalente al 21%, lo que se explica por la cercanía de la comunidad a la ciudad de Estelí. Según las encuestas realizadas se determinó que la comunidad es pobre de acuerdo a los parámetros socioeconómicos.
3. La comunidad se emplaza en un relieve montañoso de 1070.31msnm con una diferencia de nivel entre la fuente y el tanque de 177.08m, y se alinea de norte a sur con una longitud aproximada de 2 km.
4. Se diseñó un mini acueducto por bombeo para una población proyectada a 20 años de 570 habitantes, con un caudal de diseño de 1.15 lps, con fuente de abastecimiento de pozo perforado, que por las características del relieve se requirió de bomba de alta presión con altura manométrica de 213.20m.
 - Se diseñó la columna de bombeo de 2" de PVC y la sarta de 2" de HG, con sus debidos accesorios para asegurar el buen funcionamiento. La línea de conducción con una longitud de 1,600m, fue diseñada con tubería PVC de 2" SDR 13.5, para soportar la sobrepresión causada por el golpe de ariete, dotada además de 2 válvulas de aire.
 - Se instaló un sistema de desinfección de hipoclorito de sodio por goteo sobre el tanque. Se asumió un tanque de PVC con el volumen de 10,000 litros que es el más próximo al volumen teórico de 9,090 litros. Además, se diseñó una red con una longitud total de 1,945 m, dotada de 2 cajas rompe presión, las que aseguran que las presiones cumplan con las establecidas en la norma, así mismo se instalaron 3 válvulas de aire y 4 válvulas de limpieza.
- 5- El costo total de la obra es de C\$ 2,294,561.69 córdobas (Dos millones doscientos noventa y cuatro mil quinientos sesenta y uno con sesenta y nueve centavos) con un costo per cápita de 4,025.55 córdobas.

5.2. Recomendaciones

1. Se recomienda la realización del proyecto, debido a que cumple con los criterios técnicos y sociales.
2. Debido a las características hidrogeológicas de los sitios en que se encuentra el pozo, no se debe permitir la perforación o excavación de otros pozos en sus cercanías a un diámetro de 100 metros.
3. Realizar un registro mensual del nivel del agua y de un análisis físico químico dos veces al año, uno en época seca y otro en época lluviosa, son previsiones muy importantes, ante los cambios que puedan ocurrir en el acuífero.
4. Es recomendable la realización de alcantarillado sanitario y drenaje pluvial para aportar con el objetivo 6 de agua y saneamiento del desarrollo sostenible.
5. Dado a que el acuífero es pobre, se recomienda realizar campañas de reforestación para mantener los niveles del acuífero.
6. Las velocidades en algunos puntos son muy bajas, por lo que es conveniente utilizar válvulas de limpieza que permitan la expulsión de sedimentos acumulados en la tubería.

BIBLIOGRAFÍA

- AMANCO. (2005). *Manual Técnico Tubosistemas*. AMANCO. Obtenido de https://drive.google.com/file/d/1Nyrg20C6l2Ggl-is2feRcB5ToTgSN-7_/view?fbclid=IwAR2KD6ZZvMZpNnpq2rS8E4zLSgq01ucfE_qnf1_JXWkbqb0QdiFRf8Y0mVA
- Carreño, U. P. (2012). *Costo y presupuestos de la obra*. Obtenido de https://presupuv.weebly.com/uploads/6/7/4/6/6746236/apuntes.costo_y_presupuesto_de_obra.30.05.2012.pdf
- El Oficial. (2018). *Presupuesto de obra*. Obtenido de <http://www.eloficial.ec/tag/presupuesto-de-obra/>
- Gancio, F. (2015). *Agua Subterranea Riego en Cultivos Intensivo*. Uruguay: Universidad de la República Facultad de Agronomía. Obtenido de <http://www.fagro.edu.uy/hidrologia/riego/Agua%20Subterranea-Pozos%202015.pdf>
- Gómez, F. (2018). Levantamiento Topográfico. *Proyectos y mediciones topográficas, S.L.* Obtenido de <https://www.pymet.es/levantamiento-topografico/>
- INAA. (1999a). *Abastecimiento de Agua Potable*. Managua: INAA.
- INAA. (1999b). *Norma para el diseño de sistemas de abastecimiento y potabilización de las aguas*. Managua: INAA.
- INAA. (2006). *GUÍAS TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES*. Managua: INAA. Obtenido de Inaa.gob.ni.
- Lanuza, J. C. (20 de Noviembre de 2018). Buena Vista, Santa Cruz. (F. Á. Angie Blandón, Entrevistador)
- Lopez Madriz, Y. R., & Reyes Linares, L. A. (2016). *PROPUESTA DE DISEÑO HIDRAULICO A NIVEL DE PREFACTIBILIDAD DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA COMARCA "CUAJACHILLO*

#2” MUNICIPIO DE CIUDAD SANDINO, DEPARTAMENTO DE MANAGUA,
AGOSTO-NOVIEMBRE 2016. Managua: UNAN - RURD.

OPS/OMS. (2009). *Guía de Orientación en Saneamiento Básico para Alcaldías de Municipios Rurales y Pequeñas Comunidades*. Lima: Asociación Servicios Educativos Rurales – SER. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/2-2sas.htm#arriba>

OPS-COSUDE. (2005). *Guía para el diseño de estaciones de bombeo de agua potable*. Lima. Obtenido de <https://drive.google.com/file/d/1doPzWI7QGdyZPvsukXKY4CzNDsUojiN7/view?fbclid=IwAR0hwhI7fgkdDCBY1PHmXMU33VMNvfeLDxo9LzYhb5noxuxM4EVpRpi7tRA>

Ordoñez Gálvez, J. J. (2011). *Cartilla Técnica: Aguas Subterráneas y Acuíferos*. Lima: Sociedad Geográfica de Lima.

Villarroya, F. (2009). *Tipos de acuíferos y parametros hidrogeológicos*. Madrid.

ANEXOS

Anexo I: Encuesta de estudio poblacional

| ENCUESTA SOCIOECONÓMICA | | | | | | | | | |
|--|--------|-----------|-------------|---------|-----------|--------|-----------|---------|--|
| Fecha | | | | | | | | | |
| Departamento | | | | | | | | | |
| Municipio | | | | | | | | | |
| Comunidad | | | | | | | | | |
| Responsable de hogar | | | | | | | | | |
| Nombre persona encuestada | | | | | | | | | |
| CONDICIONES DE LA VIVENDA | | | | | | | | | |
| La vivienda es: | Propia | | Prestada | | Alquilada | | Otro | | |
| Las paredes son: | Bloque | | Ladrillo | | Madera | | Otro | | |
| El piso es: | Madera | | Ladrillo | | Tierra | | Otro | | |
| El techo es: | Zinc | | Madera | | Teja | | Otro | | |
| ¿Cuántas divisiones tiene la vivienda? | | | | | | | | | |
| 3 o más | | | 2 | | No tiene | | | | |
| SITUACIÓN ECONÓMICA DE LAS FAMILIAS | | | | | | | | | |
| ¿Cuántas personas del hogar trabajan? | | | | | | | | | |
| Dentro de la comunidad: | | Hombres | | Mujeres | | Total | | | |
| Fuera de la comunidad: | | Hombres | | Mujeres | | Total | | | |
| ¿Cuál es el ingreso económico del mes? _____ | | | | | | | | | |
| ¿En qué trabajan las personas del hogar? | | | | | | | | | |
| Ganadería | | | Agricultura | | Jornalero | | Otro/Cual | | |
| Que cultivos realizan: | | Maiz | | Arroz | | Frijol | | | |
| Ganado: | | Si/Cuanto | | Vacuno | | Equino | | Caprino | |
| | | No | | | | | | | |
| Tienen Animales domésticos | | | | | | | | | |
| Si/Cuanto | | | Gallinas | | cerdos | | Otros | | |
| | | No | | | | | | | |
| Recibe remesas | | | | | | | | | |
| Si | | | | | | | | | |
| No | | | | | | | | | |

| SANEAMIENTO E HIGIENE AMBIENTAL DE LA VIVIENDA | | | | | | |
|---|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|
| ¿Tienen letrina? | Si | <input type="text"/> | Buena | <input type="text"/> | | |
| | No | <input type="text"/> | Mala | <input type="text"/> | | |
| | | | Regular | | | |
| ¿Qué hacen con las aguas servidas de la casa? | | | | | | |
| La riegan | <input type="text"/> | | | | | |
| Dejan correr | <input type="text"/> | | | | | |
| Zanja de drenaje | <input type="text"/> | | | | | |
| Filtro para drenaje | <input type="text"/> | | | | | |
| ¿Existen charcar en el patio? | Si | <input type="text"/> | No | <input type="text"/> | | |
| ¿Cómo eliminan las charcas? | Drenando | <input type="text"/> | Aterrando | <input type="text"/> | Otro <input type="text"/> | |
| RECURSOS Y SERVICIOS DE AGUA | | | | | | |
| ¿Cuenta con servicio de agua? | | | | | | |
| Si/cuál | <input type="text"/> | | | | | |
| No/ como se abast. | <input type="text"/> | | | | | |
| Pago al mes | <input type="text"/> | | | | | |
| ¿Quién busca o acarrea el agua? | | | | | | |
| Mujeres | <input type="text"/> | | | | | |
| Hombres | <input type="text"/> | | | | | |
| Niños | <input type="text"/> | | | | | |
| Otro | <input type="text"/> | | | | | |
| ¿Cuántos viajes realizan diario para obtener el agua que utilizan? | | | | | | |
| <input type="text"/> | | | | | | |
| ¿En que almacenan el agua? | | | | | | |
| Barriles | <input type="text"/> | | | | | |
| Pilas | <input type="text"/> | | | | | |
| Bidones | <input type="text"/> | | | | | |
| Los recipientes en que se almacena el agua se mantienen: | | | | | | |
| Tapados | <input type="text"/> | | | | | |
| Destapados | <input type="text"/> | | | | | |
| La calidad del agua se considera: | | | | | | |
| Buena | <input type="text"/> | | | | | |
| Regular | <input type="text"/> | | | | | |
| Mala | <input type="text"/> | | | | | |
| ¿Qué condiciones tiene el agua que consume? | | | | | | |
| Mal sabor | <input type="text"/> | | | | | |
| Mal olor | <input type="text"/> | | | | | |
| Mal color | <input type="text"/> | | | | | |
| ¿Distancia que recorre para traer el agua? | | | | | | |
| <input type="text"/> | | | | | | |
| ¿Cuántos pozos hay en la comunidad? | | | | | | |
| <input type="text"/> | | | | | | |
| SITUACIÓN DE SALUD EN LA VIVIENDA | | | | | | |
| ¿Están | Enfermedades | Grupos de edad | | | | Observaciones |
| | | Menor a 5 | 6 a 15 | 16 a 25 | Más de 26 | |
| | Diarrea | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | |
| | Tos | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | |
| | Resfriados | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | |
| | Malaria | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | |
| | Dengue | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | |
| | Parasitosis | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | |
| | Renal | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | |
| | Tifoidea | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | |
| | Hepatitis | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | |
| | Dermicas | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | |
| | Otras | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | |
| Vacunados los niños y niñas? | | | | | | |
| Si | <input type="text"/> | | No | | <input type="text"/> | |
| Las personas que habitan en esta vivienda practicaban hábitos como: | | | | | | |
| Lavado de manos | Si | <input type="text"/> | | No | <input type="text"/> | |
| Buen uso del agua | Si | <input type="text"/> | | No | <input type="text"/> | |
| Buen uso de letrinas | Si | <input type="text"/> | | No | <input type="text"/> | |
| ¿Cuántos niños o niñas nacieron y/o fallecieron en este hogar, durante el año pasado? | | | | | | |
| Vivos/as | Niños | <input type="text"/> | Niñas | <input type="text"/> | Total | <input type="text"/> |
| Fallecidos/as | Niños | <input type="text"/> | Niñas | <input type="text"/> | Total | <input type="text"/> |
| GRACIAS | | | | | | |
| Encuestador (a) | | | Supervisor (a) | | | |

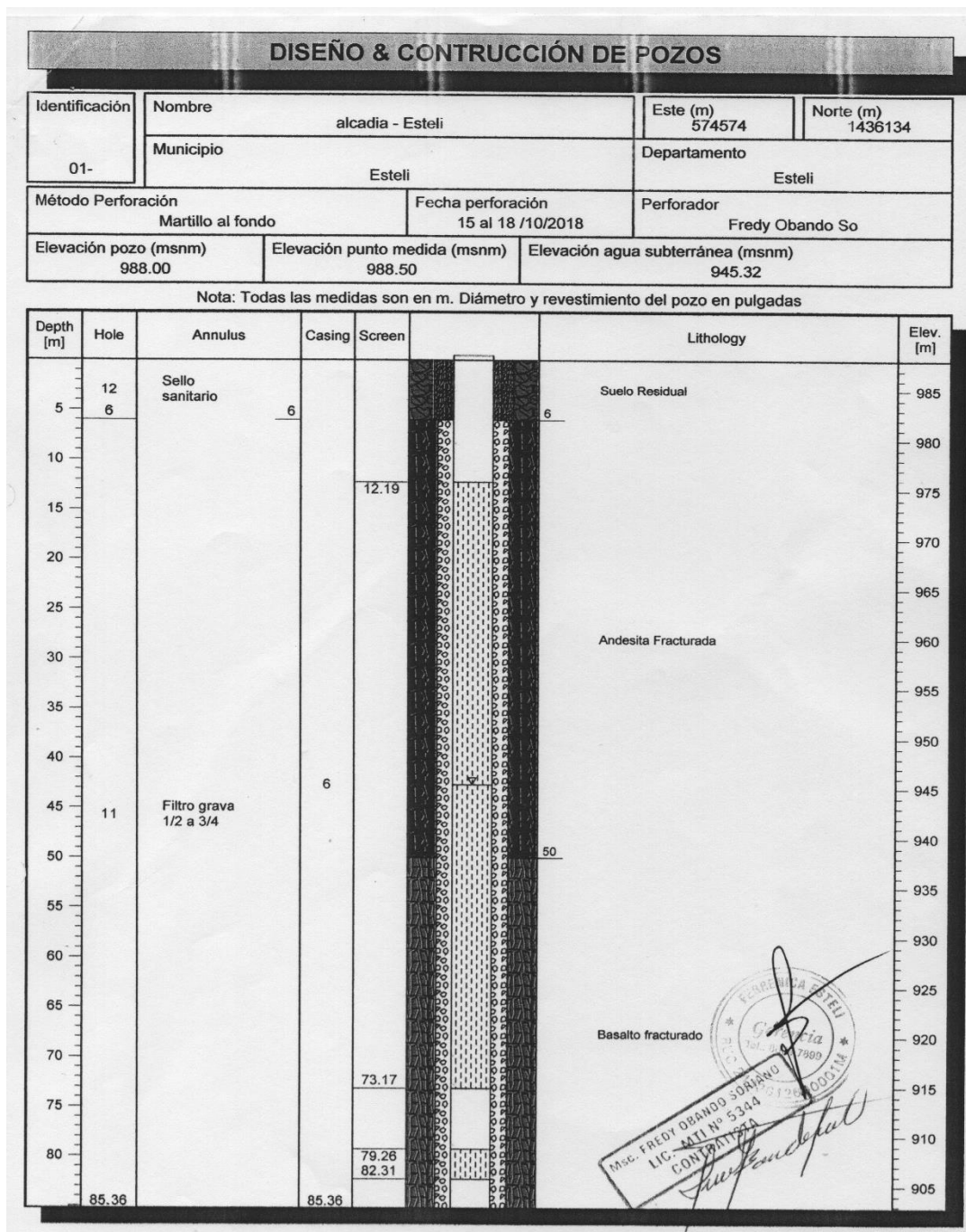
Anexo II: Coeficiente de Hazen-Williams

| Tubería | C_H |
|--|----------------------|
| Tubería de tabique (drenaje pluvial y sanitario) | 100 |
| Fierro fundido: | |
| Tubería nueva | 130 |
| Tubería de 5 años | 120 |
| Tubería de 20 años | 100 |
| Tubería con incrustaciones | 90 |
| Tubería de fibrocemento | 135 |
| Tubería de concreto | 130 |
| Tubería de concreto armado | 130 |
| Tubería de PVC | 140 |
| Tubería de acero remachado (nueva) | .110 |
| Tubería de acero soldado (nueva) | 120 |
| Tubería de arcilla vitrificada | 110 |

Anexo III: Coeficiente K para accesorios

| Accesorios | K |
|---------------------------------|-----|
| Válvula de compuerta abierta | 0.2 |
| Válvula check | 2.5 |
| Medidor Venturi | 2.5 |
| Tee (válvula de derivación) | 0.1 |
| Tee (columna de bombeo y sarta) | 1.8 |
| Unión Dresser | 0.3 |
| Dos codos de 45° | 0.4 |
| Válvula de alivio | 2.5 |

Anexo IV: Perfil litológico del pozo



Anexo V: Valores de transmisividad y permeabilidad.

Valores de la transmisividad, según Iglesias (2002)

| T (m²/día) | Clasificación | Posibilidades del acuífero |
|------------------------------|----------------------|---|
| T<10 | Muy baja | Menos de 1 l/s con 10 metros de depresión |
| 10<T<100 | Baja | Entre 1 y 10 l/s con 10 metros de depresión |
| 100<T<500 | Media a alta | Entre 10 y 50 l/s con 10 metros de depresión |
| 500<T<1000 | Alta | Entre 50 y 100 l/s con 10 metros de depresión |
| T<1000 | Muy alta | Más de 100 l/s con 10 metros de depresión |

Valores de permeabilidad o conductividad hidráulica según Custodio y Llamas, 1983.

PERMEABILIDAD EN (m/día)

| | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|-------------------|-----------------|--|----|---|------------------|---------------------------------|------------------|------------------------------|------------------|------------------|
| | 10 ⁴ | 10 ³ | 10 ² | 10 | 1 | 10 ⁻¹ | 10 ⁻² | 10 ⁻³ | 10 ⁻⁴ | 10 ⁻⁵ | 10 ⁻⁶ |
| CLASIFICACIÓN GEOLÓGICA | GRAVAS LIMPIAS | | GRAVAS Y ARENAS, O ARENAS GRUESAS | | ARENAS FINAS O CON MEZCLAS DE LIMOS | | LIMOS O ARCILLAS ARENOSAS | | ARCILLAS COMPACTAS | | |
| CLASIFICACIÓN HIDROGEOLÓGICA | BUEN ACUÍFERO | | | | ACUÍFERO POBRE | | ACUITARDO | | PRÁCTICAMENTE IMPERMEABLE | | |

Anexo VI: Curva de rendimiento de la bomba

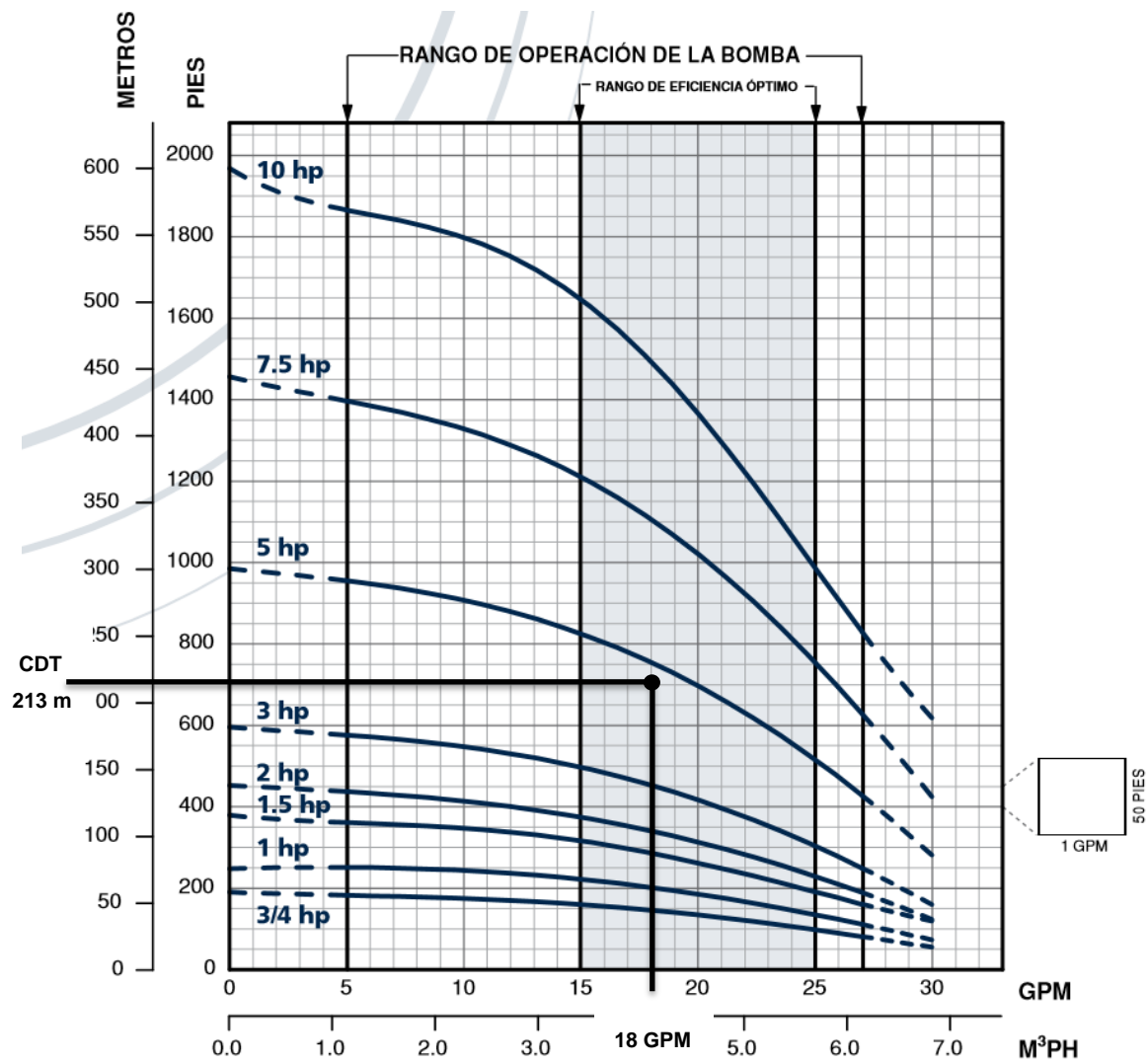




Tabla de rendimiento para bomba de 5 hp

| HP | PSI | Profundidad al Nivel de Agua Bombeada o Elevación en Pies | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|--|---------------------|--|
| | | Las Áreas Sombreadas Indican el Desempeño más Eficiente | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 240 | 260 | 300 | 360 | 400 | 440 | 480 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | | | |
| 5 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 24 | 23 | 20 | 16 | | | Pres. máx. 992 pies | |
| | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 24 | 21 | 18 | 13 | | | | |
| | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 24 | 23 | 20 | 17 | 11 | | | | |
| | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 24 | 23 | 23 | 20 | 16 | 10 | | | |
| | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 24 | 22 | 22 | 17 | 15 | | | | |
| | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 24 | 23 | 22 | 21 | 18 | 14 | | | |
| | 80 | | | | | | | | | | | | | | | | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 16 | 10 | | | | |
| PSI a Válvula Cerrada | | 416 | 408 | 399 | 390 | 382 | 373 | 364 | 356 | 347 | 339 | 321 | 313 | 295 | 269 | 252 | 235 | 217 | 209 | 165 | 122 | 79 | | | | | |

Anexo VII: Pruebas de laboratorio.



Universidad Nacional de Ingeniería
Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo
Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente
Managua, Nicaragua



LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS

MP-1810-0111

| | | | | | |
|---|-----------------------------------|---------------------------------|--|---------------------------|---------------------------|
| CLIENTE | | DIRECCION | | TELEFONO | |
| Alcaldía Municipal de Estelí | | Frente al parque Central Estelí | | NR | |
| ATENCIÓN | | CARGO | | EMAIL | |
| Ing. Henry Sevilla | | Contratista | | henrysevillacano@yahoo.es | |
| | | | | 8879-3651 | |
| FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO | | | | | |
| INGRESO | INICIO DE ANALISIS | FINAL DE ANALISIS | FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS | CADENA CUSTODIA | NUMERO DE MUESTRAS |
| 31/10/2018 | 05/11/2018 | 05/11/2018 | 15/11/2018 | 3275 | Una (01) |
| Fecha y Hora de Muestreo | | | 31/10/2018 ; 06:00 am | | |
| Muestreado por | | | Ing. Henry Sevilla | | |
| Supervisor de Muestreo en Campo | | | Ing. Jorge Lanuza | | |
| Fuente | | | Pozo Artesiano | | |
| Tipo de muestra | | | Agua Subterránea | | |
| Observaciones de Ubicación | | | Comunidad Buena Vista, Municipio de Estelí | | |
| Coordenadas | | | NR | | |
| Codificación PIENSA | | | LA-1810-0616 | | |
| METODO SM // EPA | ENSAYO REALIZADO PARAMETRO | UNIDAD | VALOR DE CONCENTRACION | Norma CAPRE* | |
| G.H | Arsénico | mg/L | <0.001 | 0.01 | |

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.

Abreviaturas y símbolos: <= menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro. NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta.


Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017

EPA = Environmental Protection Agency, * Normas de Calidad del Agua Para Consumo Humano: Norma Regional CAPRE

G.H: Generador de Hidruros, Utilizando ARSENATOR

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por el Cliente.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente



Ing. María Lidia Gómez
Coordinadora de Laboratorios Ambientales

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0001180

Teléfonos: Dirección: (505) 2278-1462 • Área Académica: 2270-5613 y 8866-6702 (M) • Atención al Cliente: 8496-8568 (C) y 8152-7314 (M)

Coordinación de Laboratorios: 8100-0421 (M) • e-mail: piensa@uni.edu.ni • Web: www.pienso.uni.edu.ni



LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS

FQAN1810-0129

| | | | | | |
|--|---------------------------------|---|---|---|--------------------|
| CLIENTE | DIRECCIÓN | | TELÉFONO | | |
| Alcaldía Municipal de Estelí | Frente al parque central Estelí | | NR | | |
| ATENCIÓN | CARGO | EMAIL | CELULAR | | |
| Ing. Henry Sevilla | Contratista | henrysevilla@uni.edu.ni | 8879-3651 | | |
| FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO | | | | | |
| INGRESO | INICIO DE ANALISIS | FINAL DE ANALISIS | FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS | CADENA CUSTODIA | NUMERO DE MUESTRAS |
| 31/10/2018 | 31/10/2018 | 14/11/2018 | 14/11/2018 | 3275 | Una (1) |
| Fecha y Hora de Muestreo | | 31/10/2018; 06:00 am | | Rango o valor máximo permisible o recomendado | |
| Muestreado por | | Ing. Henry Sevilla | | | |
| Supervisor de Muestreo en Campo | | Ing. Jorge Lanuza | | | |
| Fuente | | Pozo Artesiano | | | |
| Tipo de muestra | | Agua Subterránea | | | |
| Observaciones de Ubicación | | Comunidad Buena Vista en el Municipio de Estelí | | | |
| Coordenadas | | NR | | | |
| Codificación PIENSA | | LA-1810-0616 | | | |
| METODO SM // EPA | ENSAYO REALIZADO PARAMETRO | UNIDAD | VALOR DE CONCENTRACION | Norma CAPRE* | |
| Visual | Aspecto | NE | Claro con MS | NE | |
| 4500-B | Potencial de Hidrógeno | pH | 7.38 | 6.5 - 8.5** | |
| 2510-B | Conductividad Eléctrica | µS/cm | 457.00 | 400** | |
| 2130-B | Turbiedad | UNT | 0.149 | 5 | |
| 2120-C | Color Verdadero | mg/L (Pt-Co) | <1.00 | 15 | |
| 2320-B | Alcalinidad | mg/L CaCO ₃ | 216.60 | NE | |
| 2320-B | Carbonatos | mg/L CaCO ₃ | <0.40 | NE | |
| 2320-B | Bicarbonatos | mg/L CaCO ₃ | 216.60 | NE | |
| 4500-B | Nitratos | mg/L | 5.50 | 50 | |
| 4500-B | Nitritos | mg/L | <0.009 | 0.1 | |
| 4500-D | Cloruros | mg/L | 19.40 | 250 | |
| 3500-B | Hierro Total | mg/L | 0.007 | 0.3 | |
| 4500-D | Sulfatos | mg/L | 11.14 | 250 | |
| 2340-C | Dureza total | mg/L CaCO ₃ | 219.92 | 400** | |
| 2340-C | Dureza Calcio | mg/L CaCO ₃ | 173.60 | NE | |
| 3500-B | Calcio | mg/L | 69.58 | 100** | |
| 3500-B | Magnesio | mg/L | 11.26 | 50 | |
| 3500-B | Manganeso | mg/L | <0.02 | 0.5 | |
| 3500-X | Sodio | mg/L | 8.00 | 200 | |
| 3500-C | Potasio | mg/L | 1.05 | 10 | |
| 4500-C | Fluor | mg/L | 0.178 | 0.7 | |

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.
Abreviaturas y símbolos: <= menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta
Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM= Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017, MS= Materia en Susper
EPA = Environmental Protection Agency, * Normas de Calidad del Agua Para Consumo Humano: Norma Regional CAPRE, ** Valor recomendado

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada y entregada al laboratorio por el cliente.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

Ing. María Lidia Gómez
Coordinadora de Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0001175

Teléfonos: Dirección: (505) 2278-1462 • Área Académica: 2270-5613 y 8866-6702 (M) • Atención al Cliente: 8496-8568 (C) y 812- 7314 (M)
Coordinación de Laboratorios: 8100-0421 (M) • e-mail: piensa@uni.edu.ni • Web: www.pienso.uni.edu.ni



LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS

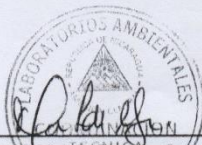
MB-1810-0122

| | | | |
|--|--|-------------------------------|---|
| CLIENTE | DIRECCION | | TELEFONO |
| Alcaldía Municipal de Estelí | Frente al parque central Estelí | | NR |
| ATENCIÓN | CARGO | EMAIL | CELULAR |
| Ing. Henry Sevilla | Contratista | henrysevillacano@ya hoo.es | 8879-3651 |
| FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO | | | NUMERO DE MUESTRAS |
| INGRESO | INICIO DE ANALISIS | FINAL DE ANALISIS | |
| 31/10/2018 | 01/11/2018 | 05/11/2018 | |
| Fecha y Hora de Muestreo | 31/10/2018; 06:00 am | | |
| Muestreado por | Ing. Henry Sevilla | | |
| Supervisor de Muestreo en Campo | Ing. Jorge Lanuza | | |
| Fuente | Pozo artesiano | | |
| Tipo de muestra | Agua subterránea | | |
| Observaciones de Ubicación | Comunidad Buena Vista, en el Municipio de Estelí | | |
| Coordenadas | NR | | |
| Codificación PIENSA | LA-1810-0616 | | |
| METODO SM // EPA | ENSAYO REALIZADO PARAMETRO | UNIDAD | VALOR DE CONCENTRACION PUNTO DE MUESTREO 1 |
| 9221B | Coliforme Total | NMP/100mL | 7.0*10 |
| 9221E | Coliforme Fecal | NMP/100mL | 1.3*10 |
| 9221F | E. coli | NMP/100mL | 4.5 |

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.
Abreviaturas y símbolos: <= menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta, Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017
EPA = Environmental Protection Agency, * Normas de Calidad del Agua Para Consumo Humano: Norma Regional CAPRE

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada y entregada por el cliente

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente



Ing. María Lidia Gómez
Coordinadora de Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0001176

Anexo VIII: Prueba de bombeo



PERFORACION DE POZOS




Barrio linda vista. Segunda entrada 200 metros al oeste. Móvil: 86600127
SOMOTO, MADRIZ, NICARAGUA. C.A

DATOS DE PRUEBA DE BOMBEO CONTINUA (COMUNIDAD BUENA VISTA)

| | | | | | |
|----------------------------------|--------------------|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| Fecha: 30/10/2018 | Unidad impulsadora | | | Planta eléctrica Yamaha 16000 watts | |
| Localidad | Buena Vista | Pozo No. | PPNo. 1 | Hora de inicio: | 7:00 a.m. |
| Municipio: | | Estelí | | Hora final: | 11:00 p.m. |
| Longitud de columna | 240 pies | | Diámetro de revestimiento | 6" PVC SDR 26 | |
| Diámetro de orificio de descarga | | 1 1/2" | | Diámetro de descarga | 1 1/2" |
| Profundidad del pozo: | 280 pies | Nivel estático del agua (NEA) | | 21.34mts | Nivel dinámico 71.17 mts |

| Horas | Tiempo de bombeo | Descenso | Caudal | CE (Us/Cm) | Recuperación |
|---------|------------------|----------|--------|-----------------------|--------------|
| | Minutos | (m) | Gpm | T (Oc), Ph Eh (Mv) | |
| | 0 | | | | |
| | 1 | 21.34 | 15 | 0 | |
| | 2 | 21.35 | 15 | 0 | |
| | 3 | 21.36 | 15 | 0 | |
| | 4 | 21.37 | 15 | 0 | |
| | 5 | 21.38 | 15 | 0 | |
| | 10 | 21.45 | 15 | 0 | |
| | 30 | 21.62 | 15 | 0 | |
| | 45 | 21.72 | 20 | 0 | |
| 1 hora | 60 | 21.85 | 20 | 0 | |
| | 70 | 21.9 | 20 | 0 | |
| | 80 | 21.95 | 20 | 0 | |
| | 90 | 21.98 | 20 | 0 | |
| | 100 | 22 | 20 | 0 | |
| | 110 | 22.15 | 20 | 0 | |
| 2 horas | 120 | 22.3 | 20 | 0 | |
| | 140 | 22.55 | 20 | 0 | |
| | 160 | 22.85 | 20 | 0 | |
| 3 horas | 180 | 23.07 | 20 | 0 | |
| | 210 | 23.37 | 20 | 0 | |
| 4 horas | 240 | 23.99 | 25 | 0 | |


 MEX. FREDY OJASO-CELANO
 LIC. MTN N° 5784
 CONTRATISTA



PERFORACION DE POZOS



Barrio linda vista. Segunda entrada 200 metros al oeste. Móvil: 86600127
SOMOTO, MADRIZ, NICARAGUA. C.A

| | | | | | |
|----------|------|-------|----|---|--|
| | 270' | 24.37 | 25 | 0 | |
| 5 horas | 300 | 25.14 | 25 | 0 | |
| | 330 | 25.63 | 25 | 0 | |
| 6 horas | 360 | 26.62 | 25 | 0 | |
| | 390 | 27.19 | 30 | 0 | |
| 7 horas | 420 | 28.34 | 30 | 0 | |
| | 450 | 28.98 | 30 | 0 | |
| 8 horas | 480 | 30.28 | 30 | 0 | |
| | 540 | 31.99 | 30 | 0 | |
| 10 horas | 600 | 32.42 | 30 | 0 | |
| | 660 | 33.26 | 30 | 0 | |
| 12 horas | 720 | 34.96 | 30 | 0 | |
| | 780 | 35.41 | 35 | 0 | |
| 14 horas | 840 | 37.61 | 35 | 0 | |
| | 900 | 38.55 | 35 | 0 | |
| 16 horas | 960 | 40.43 | 35 | 0 | |
| | | | | | |


Msc. FREDY ORLANDO SOMOTO
LIC. MTI N° 5144
C.R. 151574


Anexo IX: Presupuesto

| DESCRIPCIÓN | U.M | CANTIDAD | COSTO UNIT | COSTO TOTAL |
|--|------------|-----------|------------|-----------------------|
| PRELIMINARES | GLB | 1 | | |
| LIMPIEZA INICIAL | M² | 80 | | C\$ 9,600.00 |
| Limpieza manual inicial de predio de captación | M² | 40 | 120.00 | C\$ 4,800.00 |
| Limpieza manual inicial del predio del tanque | M² | 40 | 120.00 | C\$ 4,800.00 |
| LINEA DE CONDUCCIÓN | | | | C\$ 948,703.28 |
| Codos de 45° 2" | C/U | 13 | 27.22 | C\$ 353.86 |
| Codos de 90° 2" | C/U | 1 | 30.58 | C\$ 30.58 |
| Válvula de compuerta | C/U | 1 | 4200.00 | C\$ 4,200.00 |
| Adaptadores macho | C/U | 2 | 20.00 | |
| Tubo 2" PVC SDR 13.5 | C/U | 268 | 3500.00 | C\$ 938,000.00 |
| Válvulas de aire | C/U | 2 | 3000.00 | C\$ 6,000.00 |
| Tee de 2" | C/U | 2 | 35.62 | C\$ 71.24 |
| Reductor de 2" a 1" | C/U | 2 | 16.80 | C\$ 33.60 |
| Adaptador hembra 1" | C/U | 1 | 14.00 | C\$ 14.00 |
| RED DE DISTRIBUCIÓN | | | | C\$ 101,165.92 |
| Codos de 45° 1 1/2" | C/U | 15 | 25.57 | C\$ 383.55 |
| Tapones de tubería 1 1/2" | C/U | 4 | 10.10 | C\$ 40.40 |
| Yee | C/U | 1 | 15.12 | C\$ 15.12 |
| Válvulas de compuerta | C/U | 2 | 4200.00 | C\$ 8,400.00 |
| Adaptadores macho de 1 1/2" | C/U | 4 | 14.75 | C\$ 59.00 |
| Válvulas de aire | C/U | 2 | 3000.00 | C\$ 6,000.00 |
| Tee 1 1/2" | C/U | 4 | 16.76 | C\$ 67.04 |
| Adaptadores hembra | C/U | 4 | 9.74 | C\$ 38.96 |
| Válvulas de limpieza | C/U | 3 | 4200.00 | C\$ 12,600.00 |

| DESCRIPCIÓN | U.M | CANTIDAD | COSTO UNIT | COSTO TOTAL |
|---|------------|----------|-----------------|----------------------|
| Tee 2" | C/U | 1 | 35.62 | C\$ 35.62 |
| Reductor 2" a 1 1/2" | C/U | 3 | 22.85 | C\$ 68.55 |
| Tee reductora 1 1/2" a 1/2" | C/U | 1 | 18.40 | C\$ 18.40 |
| Reductores 1 1/2 a 1/2" | C/U | 3 | 16.72 | C\$ 50.16 |
| Tubo PVC 1 1/2 " SDR 26 | M | 326 | 225.12 | C\$ 73,389.12 |
| CAJA ROMPE PRESIÓN | C/U | 2 | 28727.03 | C\$ 57,454.06 |
| Ingreso | | | | |
| Válvula Flotadora 1 1/2" | C/U | 1 | 680.00 | C\$ 680.00 |
| Válvula globo 1 1/2" | C/U | 1 | 150.00 | C\$ 150.00 |
| Niple Fg L=4" | C/U | 1 | 65.00 | C\$ 65.00 |
| Codo FG de 90 1 1/2" | C/U | 1 | 24.50 | C\$ 24.50 |
| Adaptador UPR PVC 1 1/2" | C/U | 1 | 13.45 | C\$ 13.45 |
| Codo PVC SAP 90° 1 1/2" | C/U | 1 | 10.96 | C\$ 10.96 |
| Salida | | | | |
| Canastilla PVC | C/U | 1 | 30.00 | C\$ 30.00 |
| Codo PVC de 90° 1 1/2" | C/U | 2 | 16.23 | C\$ 32.46 |
| Limpieza y rebose | | | | |
| Cono de rebose 2" | C/U | 1 | 80.00 | C\$ 80.00 |
| Codo PVC SAP 90° 2" | C/U | 1 | 30.58 | C\$ 30.58 |
| Tapón PVC 2" | C/U | 1 | 12.00 | C\$ 12.00 |
| Ventilación | | | | |
| Codo PVC SAP 90° 1 1/2" | C/U | 1 | 10.96 | C\$ 10.96 |
| Tapón PVC SAP perforado 1 1/2" | C/U | 1 | 9.12 | C\$ 9.12 |
| Estructura acero y concreto | C/U | 1 | 27578.00 | C\$ 27,578.00 |
| TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE PLASTICO DE 10000 LITROS | M3 | | | C\$ 68,617.76 |
| Descapote manual | M3 | 7.2 | 160.00 | C\$ 1,152.00 |
| Corte manual de terreno | M3 | 28.8 | 260.00 | C\$ 7,488.00 |

| DESCRIPCIÓN | U.M | CANTIDAD | COSTO UNIT | COSTO TOTAL |
|--|------------|----------|------------|-----------------------|
| Relleno y compactación manual | M3 | 36 | 480.00 | C\$ 17,280.00 |
| Acarreo de material selecto | M3 | 46.8 | 480.00 | C\$ 22,464.00 |
| Botar material de excavación | M3 | 37.44 | 150.00 | C\$ 5,616.00 |
| Cascote de 2500 psi | M2 | 18 | 600.00 | C\$ 10,800.00 |
| Cerco de malla ciclón cal.#13, h = 6', tubo de ho. No. Diám. =1½" 2 hil pied cant | M | 16 | 238.61 | C\$ 3,817.76 |
| LOSA DE CONCRETO REFORZADO | M3 | | | C\$ 164,237.80 |
| NIVELETA SENCILLA L = 1.10 m | C/U | 8 | 150.00 | C\$ 1,200.00 |
| Concreto de 3,000 psi 1:2: 2,1/2 (para losa de tanque de 4.10x4.10x.20) | M3 | 3.5 | 6500.00 | C\$ 22,750.00 |
| Hierro (en varillas) corrugado (grado 40) std tico diám. No. 5 @ 20 cm ambas direcciones | LBS | 650 | 28.50 | C\$ 18,525.00 |
| Cascote de 2500 psi | M2 | 18 | 600.00 | C\$ 10,800.00 |
| Formaleta para losa | M2 | 4.2 | 380.00 | C\$ 1,596.00 |
| Fino corriente | M2 | 16.81 | 180.00 | C\$ 3,025.80 |
| Escaleras metálicas con marco de tubo de 1 1/2" y peldaño de 1*1" pesado | ML | 4.5 | 2450.00 | C\$ 11,025.00 |
| Tanque de almacenamiento para agua potable de 10 mil litros de plástico para intemperie | GLB | 1 | 75000.00 | C\$ 75,000.00 |
| Portón marco tubo red. Ho. No. Ø=1½" +forro de malla ciclón cal # 12 (incluye columna y viga de amarre. Concreto reforzado de .20x.20.) | M2 | 6 | 1860.00 | C\$ 11,160.00 |
| Cascote en área de tanque de almacenamiento | M2 | 15.26 | 600.00 | C\$ 9,156.00 |
| FUENTES Y OBRAS DE TOMA | C/U | | | |
| OBRA DE CAPTACIÓN (POZO PERFORADO) | | | | C\$ 419,091.47 |
| Pozo perforado en 10" | PIE | 280 | 1234.51 | C\$ 345,662.80 |
| Ademe y tubo ranurado 6" | PIE | 280 | 135.00 | C\$ 37,800.00 |
| Construcción de sellos sanitarios y rellenos | PIE | 30 | 70.38 | C\$ 2,111.40 |
| Análisis físico químico para agua potable (INC. ARSENICO) | C/U | 1 | 697.48 | C\$ 697.48 |
| Análisis bacteriológico completo (E-COLI) | C/U | 1 | 557.23 | C\$ 557.23 |

| DESCRIPCIÓN | U.M | CANTIDAD | COSTO UNIT | COSTO TOTAL |
|---|------------|----------|------------|-----------------------|
| Análisis de materiales pesados en agua | C/U | 1 | 1262.56 | C\$ 1,262.56 |
| Prueba de bombeo (Con bomba C/motor sumergible) Escalonada | HRS | 16 | 1900.00 | C\$ 30,400.00 |
| Base de concreto de 0.60x0.60x0.60 H | GLB | 1 | 600.00 | C\$ 600.00 |
| ESTACION DE BOMBEO | C/U | | | C\$ 247,051.66 |
| Sarta | | | | |
| Codo 90° 2" | C/U | 1 | 350.00 | C\$ 350.00 |
| Manómetro 1/2 300PSI | C/U | 1 | 1078.84 | C\$ 1,078.84 |
| Reductor copa 1/2 x 1/2 | C/U | 1 | 250.00 | C\$ 250.00 |
| Niple Hg 1/2 x 0.50 | C/U | 1 | 400.00 | C\$ 400.00 |
| Reductor Bushing 2" x 1/2 | C/U | 1 | 250.00 | C\$ 250.00 |
| Llave de chorro 1/2 | C/U | 1 | 650.00 | C\$ 650.00 |
| Tee HG 2" | C/U | 1 | 231.60 | C\$ 231.60 |
| Válvula de compuerta BR 2" | C/U | 1 | 4500.00 | C\$ 4,500.00 |
| Medidor | C/U | 1 | 6108.70 | C\$ 6,108.70 |
| Cruz Hg 2" | C/U | 1 | 342.38 | C\$ 342.38 |
| Válvula de Pase HG 2" | C/U | 1 | 1301.72 | C\$ 1,301.72 |
| Codo 45° HG 2" | C/U | 2 | 218.14 | C\$ 436.28 |
| Unión Dresser | C/U | 1 | 857.24 | C\$ 857.24 |
| Bloques de reacción y anclaje | C/U | 6 | 2500.00 | C\$ 15,000.00 |
| Tubería Hg 2" | C/U | 1 | 15000.00 | C\$ 15,000.00 |
| Válvula de aire | C/U | 1 | 3250.00 | C\$ 3,250.00 |
| Bomba con motor sumergible de 5 hp; Q=18 GPM; CDT= 213m, panel de cont. Bomba con todas sus protecciones (Guarda niveles alto y alto voltaje) | C/U | 1 | 135000.00 | C\$ 135,000.00 |
| Arrancador magnético P/ motor de 5 hp con todas sus protecciones | C/U | 1 | 25000.00 | C\$ 25,000.00 |
| Cable sumergible #6x3 | M | 78 | 125.00 | C\$ 9,750.00 |
| Columna de bombeo de 2" de PVC | M | 49.18 | 555.00 | C\$ 27,294.90 |

| DESCRIPCIÓN | U.M | CANTIDAD | COSTO UNIT | COSTO TOTAL |
|---|-----|----------|------------|-----------------------|
| CASETA DE BOMBEO | | | | C\$ 37,641.89 |
| Zinc CAL 26 12 pies | C/U | 1 | 490.00 | C\$ 490.00 |
| Perlines | C/U | 2 | 845.29 | C\$ 1,690.58 |
| Clavos | LBS | 1 | 22.00 | C\$ 22.00 |
| Canal PVC 4" | C/U | 1 | 650.00 | C\$ 650.00 |
| Ventana 1 x 1.15 m | C/U | 1 | 998.10 | C\$ 998.10 |
| Puerta 0.90 x 2.10 m | C/U | 1 | 2550.22 | C\$ 2,550.22 |
| Estructura de acero y concreto | M2 | | | C\$ 30,473.00 |
| Anden de concreto E: 0.05 | M2 | 4.8 | 160.00 | C\$ 768.00 |
| INSTALACIONES ELECTRICAS | | | | C\$ 104,508.25 |
| Poste de concreto 40-tipo uf-300dan | C/U | 1 | 361.84 | C\$ 12,139.73 |
| Apagador doble de 15 amp/120v con placa m. De 2 hoyos | C/U | 1 | 0.73 | C\$ 24.49 |
| Caja de registro eléctrica de emt de 4" x 4" | C/U | 2 | 1.46 | C\$ 97.97 |
| Caja de registro eléctrica de emt de 2" x 4" | C/U | 3 | 1.46 | C\$ 146.95 |
| Tubo Conduit flexible de 1/2" forrado | M | 12 | 0.30 | C\$ 120.78 |
| Alambre eléctrico de cobre forrado de #12 awg | M | 25 | 0.35 | C\$ 293.56 |
| Alambre eléctrico de cobre forrado de #10 awg | M | 30 | 0.60 | C\$ 603.90 |
| Breaker de 1x20 amperios culter hamer o similar | C/U | 2 | 21.73 | C\$ 1,458.08 |
| Breaker de 2x60 amperios culter hamer o similar | C/U | 1 | 21.73 | C\$ 729.04 |
| Alambre eléctrico de cobre forrado nª 14 awg | M | 25 | 0.23 | C\$ 192.91 |
| Luminaria fluorescente de 20 w p/techo incluye cepo | C/U | 2 | 4.93 | C\$ 330.80 |
| Va5-1: ramal primario;14.4/24.9 kv | C/U | 1 | 444.00 | C\$ 14,896.20 |
| Va-5: remate sencillo;14.4/24.9 kv | C/U | 1 | 444.00 | C\$ 14,896.20 |
| Polo a tierra con varilla copperweld d=5/8", l=8' | C/U | 1 | 4.86 | C\$ 163.05 |
| Canalización eléctrica de PVC. 1" | M | 12 | 1.10 | C\$ 442.86 |
| Canalización eléctrica de emt de 2" | M | 6 | 12.76 | C\$ 2,568.59 |
| Toma corriente doble polar. De 15 amp/120v con placa m. | C/U | 1 | 0.68 | C\$ 22.81 |

| DESCRIPCIÓN | U.M | CANTIDAD | COSTO UNIT | COSTO TOTAL |
|--|------------|-----------|----------------|-----------------------|
| Alambre eléctrico solido nª 4 thhn para conectar a cometida | M | 12 | 2.02 | C\$ 813.25 |
| M2-1: polo a tierra con varilla de 5/8" x 8' | C/U | 1 | 4.86 | C\$ 163.05 |
| Pararrayos de 18 kv | C/U | 1 | 30.52 | C\$ 1,023.95 |
| VA-1 soporte sencillo ángulo 0º A 5º,30º 14.4/24.9 KV | C/U | 1 | 444.00 | C\$ 14,896.20 |
| Calavera emt de 2" | C/U | 1 | 3.71 | C\$ 124.47 |
| Panel monofásico 125 amp.120/240v. 8 espacios | C/U | 1 | 45.33 | C\$ 1,520.82 |
| Transformador de 15 KVA, 7.6/13.2 KV, 120/240 v (incluye estructura) | C/U | 1 | 1010.52 | C\$ 33,902.95 |
| Cable eléctrico triple cero | M | 35 | 2.50 | C\$ 2,935.63 |
| CONEXIONES | | | | |
| CONEXIONES INTRADOMICILIARES | C/U | 80 | 1586.12 | C\$ 126,889.60 |
| Medidor | C/U | 1 | 1200.00 | C\$ 1,200.00 |
| Adaptadores Macho | C/U | 2 | 7.00 | C\$ 14.00 |
| Válvula Check | C/U | 1 | 190.00 | C\$ 190.00 |
| Llave de pase | C/U | 1 | 50.00 | C\$ 50.00 |
| Niple HG | C/U | 1 | 45.00 | C\$ 45.00 |
| Tubo 1/2 | C/U | 1 | 70.00 | C\$ 70.00 |
| Tee 1 1/2" | C/U | 1 | 8.00 | C\$ 8.00 |
| Reductor 1 1/2" a 1/2" | C/U | 1 | 9.12 | C\$ 9.12 |
| LIMPIEZA Y ENTREGA FINAL | GLB | 1 | | C\$ 9,600.00 |
| LIMPIEZA Y ENTREGA FINAL | M2 | 80 | 120.00 | C\$ 9,600.00 |
| | | | TOTAL= | C\$ 2,294,561.69 |

PLANOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
SECRETARIA

CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la Facultad de Tecnología de la Construcción, hace constar que el (a) **BR. ANA MARCELA FERNANDEZ GUILLEN**, Carné No. 2014-0149N, Turno Diurno de conformidad con el Reglamento de Régimen Académico Vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO** a solicitud de la parte interesada en la Ciudad de Managua, los 27 día del mes de Junio del año dos mil diecinueve.

DR. ING. EFRAIN CHAMORRO BLANDON
Secretario de Facultad





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
SEDE UNI-NORTE
SECRETARIA ACADEMICA

HOJA DE MATRICULA
AÑO ACADEMICO 2019

No. Recibo **38389**

No. Inscripción **503**

NOMBRES Y APELLIDOS: Ana Marcela Fernández Guillén

CARRERA: INGENIERIA CIVIL

CARNET: 2014-0149N

TURNO: Diurno

PLAN DE ESTUDIO: 2015

SEMESTRE: SEGUNDO SEMESTRE 2019
FECHA: 03/10/2019

| No. | ASIGNATURA | GRUPO | AULA | CRED. | F | R |
|-----|--------------|-------|------|-------|---|---|
| 1 | ULTIMA LINEA | | | | | |

F:Frecuencia de Inscripciones de Asignatura R: Retiro de Asignatura.

SNCORNEJOG

GRABADOR

FIRMA Y SELLO DEL
FUNCIONARIO

FIRMA DEL
ESTUDIANTE

cc:ORIGINAL:ESTUDIANTE - COPIA:EXPEDIENTE.

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 03-oct-2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
SECRETARIA

CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la Facultad de Tecnología de la Construcción, hace constar que el (a) **BR. ANGIE JOHELIZA BLANDON HUDIEL**, Carné No. 2014-0201N, Turno Diurno de conformidad con el Reglamento de Régimen Académico Vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO** a solicitud de la parte interesada en la Ciudad de Managua, los 27 día del mes de Junio del año dos mil diecinueve.



DR. ING. EFRAIN CHAMORRO BLANDON
Secretario de Facultad



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
SEDE UNI-NORTE
SECRETARIA ACADEMICA

HOJA DE MATRICULA
AÑO ACADEMICO 2019

No. Recibo **38373**

No. Inscripción **500**

NOMBRES Y APELLIDOS: Angie Joheliza Blandón Hudiel

CARRERA: INGENIERIA CIVIL

CARNET: 2014-0201N

TURNO: Diurno

PLAN DE ESTUDIO: 2015

SEMESTRE: SEGUNDO SEMESTRE 2019
FECHA: 03/10/2019

| No. | ASIGNATURA | GRUPO | AULA | CRED. | F | R |
|-----|--------------|-------|------|-------|---|---|
| 1 | ULTIMA LINEA | | | | | |

F:Frecuencia de Inscripciones de Asignatura R: Retiro de Asignatura.

SNCORNEJOG

GRABADOR

FIRMA Y SELLO DEL
FUNCIONARIO

FIRMA DEL
ESTUDIANTE

cc:ORIGINAL:ESTUDIANTE - COPIA:EXPEDIENTE.

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 03-oct-2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
SECRETARIA

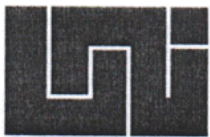
CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la Facultad de Tecnología de la Construcción, hace constar que el (a) **BR. FERNANDA MARCELA ALVÁREZ RODRIGUEZ**, Carné No. 2014-0138N, Turno Diurno de conformidad con el Reglamento de Régimen Académico Vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO** a solicitud de la parte interesada en la Ciudad de Managua, los 27 día del mes de Junio del año dos mil diecinueve.



DR. ING. EFRAIN CHAMORRO BLANDON
Secretario de Facultad



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
SEDE UNI-NORTE
SECRETARIA ACADEMICA

HOJA DE MATRICULA
AÑO ACADEMICO 2019

No. Recibo **38372**

No. Inscripción **499**

NOMBRES Y APELLIDOS: Fernanda Marcela Álvarez Rodríguez

CARRERA: INGENIERIA CIVIL

CARNET: 2014-0138N

TURNO: Diurno

PLAN DE ESTUDIO: 2015

SEMESTRE: SEGUNDO SEMESTRE
2019

FECHA: 03/10/2019

| No. | ASIGNATURA | GRUPO | AULA | CRED. | F | R |
|-----|--------------|-------|------|-------|---|---|
| 1 | ULTIMA LINEA | | | | | |

F:Frecuencia de Inscripciones de Asignatura R: Retiro de Asignatura

SNCORNEJOG

GRABADOR

FIRMA Y SELLO DEL
FUNCIONARIO

FIRMA DEL
ESTUDIANTE

cc:ORIGINAL:ESTUDIANTE - COPIA:EXPEDIENTE.

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 03-oct-2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
SOLVENCIA ECONÓMICA

Fecha: 24/09/19

Nombre del estudiante: Ana Marcela Fernandez Guillen
Numero de carnet: 2014-0149N
Carrera: Ing. Civil
Taller Monográfico: Servicios monograficos UNI-NORTE 2019.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
SOLVENCIA ECONÓMICA

Fecha: 24/09/19

Nombre del estudiante: Angie Joheliza Blandon Hudiel
Numero de carnet: 2014-0201N
Carrera: Ing. Civil
Taller Monográfico: Servicios monograficos UNI-NORTE 2019.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
SOLVENCIA ECONÓMICA

Fecha: 24/09/19.

Nombre del estudiante: Fernanda Marcela Alvarez Rodriguez.
Numero de carnet: 2014-0138N
Carrera: Ing. Civil
Taller Monográfico: Servicios Monograficos UNI-NORTE 2019.



